



TUGAS AKHIR - TK145501

PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN DAN
ETILEN DENGAN POLIMERISASI FASE GAS
TEKNOLOGI UNIPOL

ARISTANIA NILA WAGISWARI
NRP. 2313 030 005

MUHAMMAD BAYU PRASETYO
NRP. 2313 030 049

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TK145501

POLYPROPYLENE PLANT FROM PROPYLENE AND
ETHYLENE USING GAS PHASE POLYMERIZATION
UNIPOL TECHNOLOGY

ARISTANIA NILA WAGISWARI
NRP. 2313 030 005

MUHAMMAD BAYU PRASETYO
NRP. 2313 030 049

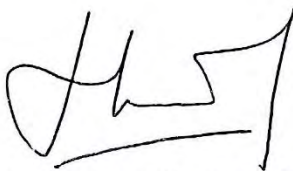
Supervisor:
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

Study Program of DIII Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN
DAN ETILEN DENGAN PROSES
POLIMERISASI FASE GAS TEKNOLOGI
UNIPOL

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT

NIP. 19580703 198502 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

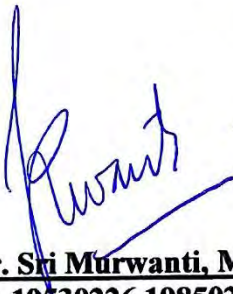
Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 14 Juni 2015 untuk tugas akhir dengan judul **“Pabrik Polipropilen Dari Propilen Dan Etilen Dengan Proses Polimerisasi Fase Gas Teknologi UNIPOL”**, yang disusun oleh :

ARISTANIA NILA WAGUSWARI (2313 030 005)

MUHAMMAD BAYU PRASETYO (2313 030 049)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji



Ir. Sri Murwanti, M.T.
NIP. 19530226 198502 2 001



Warlinda Eka T, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

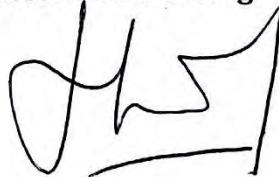
Mengetahui,

**Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS**



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT
NIP. 19580703 198502 2 001

LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : ARISTANIA NILA WAJUSWARI
Nrp. : 2313 030 005
Jurusan / Fak. : DIJIL TEKNIK KIMIA / FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Alamat kontak : PERUMAHAN DELTASARI INDAH BLOK M NO 8
a. Email : niela.cuabhh@gmail.com
b. Telp/HP : 0856 0711 0070

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

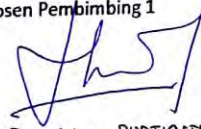
Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPYLEN DAN ETILEN DENGAN PROSES
POLIMERISASI FASA GAS TEKNOLOGI ATPOL

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing 1

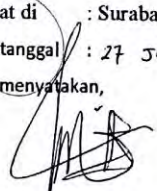

Dr. Ir. ULY PUDJIASTUTI MT

NIP. 19580703 198502 2 001

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal : 27 Juni 2016

Yang menyatakan,


ARISTANIA NILA WAJUSWARI

Nrp. 2313 030 005

KETERANGAN :

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Muhammad Bayu Prasetyo
Nrp. : 2313030049
Jurusan / Fak. : III Teknik Kimia / Fakultas Teknologi Industri
Alamat kontak : Selorego Rt 19 Rw 08 Kebonsari Madurejo
a. Email : muhbayu56@gmail.com
b. Telp/HP : 08585 370 6116

Menyatakan bahwa semua data yang saya upload di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pabrik Polipropilen dari Propilen dan Etilen dengan
Proses polimerisasi fase gas teknologi URTIPOL

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal : 27 Juni 2016

Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1

Dr Ir Lily Pudjiastuti MT

NIP. 19580703 198502 2 001

Muh Bayu Prasetyo

Nrp. 2313030049

KETERANGAN :

PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILLEN DAN ETILEN DENGAN POLIMERISASI FASA GAS TEKNOLOGI UNIPOL

Nama Mahasiswa : Aristania Nila W (2312 030 005)
Nama Mahasiswa : Muhammad Bayu P (2312 030 049)
Jurusan : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir Lily Pudjiastuti S.T, M.T

ABSTRAK

Polipropilena adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga didunia setelah PE dan PVC. Kopolimer acak (Random copolymer) adalah kopolimer yang mengandung etilen atau monomer olefin lain yang langsung digabungkan pada saat pertumbuhan rantai polimer dalam sebuah reaktor. Pabrik Polipropilen ini mempunyai kapasitas sebesar 100.000 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Tangerang,, Banten. Pabrik menggunakan bahan baku Propilen dan Etilen. Bahan baku yang digunakan yaitu dengan komposisi masing-masing 12713.52 kg dan 2325.64 kg. Reaksi polimerisasi pada fluidized bedreaktor menghasilkan kopolimer acak yang pembuatannya sama dengan homopolimer. Biasanya, polimer mengandung 2-6 wt % kombinasi etilen menutupi sebagian dari aplikasi kopolimer. Produk resin polipropilen dikeluarkan melalui Product Discharge System (PDS). Resin degassing terdiri atas product receiver dan product purge bin dan disebut sebagai resin degassing system. Sistem pelleting dibutuhkan dalam proses pembuatan produk akhir polipropilen. Limbah padat dihasilkan berupa limbah polimer yang berukuran jauh lebih kecil. Limbah cair pada pabrik ini dihasilkan dari air buangan akhir proses, air proses dari pengolahan limbah gas, blowdown boiler, oil, minyak pelumas bekas. Limbah Gas yang berasal dari product receiver dan product purge bin menghasilkan gas-gas buangan berupa TiO_2 , propilen, etilen, hydrogen, C_2H_6 , dan nitrogen. Jumlah kebutuhan air total pabrik polipropilen per hari adalah air sanitasi $0.416 \text{ m}^3/\text{hari}$, air boiler $1.21 \text{ m}^3/\text{hari}$, air pendingin $12.63 \text{ m}^3/\text{hari}$, air proses $53.3 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Kata kunci: Polipropilen, Kopolimer, UNIPOL

POLYPROPYLENE PLANT FROM PROPYLENE AND ETHYLENE USING GAS PHASE POLYMERIZATION UNIPOL TECHNOLOGY

Name of Student : Aristania Nila W (2312 030 005)
Name of Student : Muhammad Bayu P (2312 030 049)
Study Program : DIII Chemical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Dr. Ir Lily Pudjiastuti S.T, M.T

ABSTRACT

Polypropylene is a polymer with the use of the world's third largest after PE and PVC. Random copolymer is a copolymer containing ethylene or other olefin monomers directly incorporated during the growth of the polymer chain in a reactor. The polypropylene factory has a capacity of 100,000 tons / year. Locations planned establishment of factories in Tangerang, Banten,. The factory uses raw materials Propylene and Ethylene. The raw material used is the composition of each 12713.52 kg and 2325.64 kg. The polymerization reaction in the fluidized bed reactor produce random copolymer which manufacturing is the same as the homopolymer. Typically, the polymer contains 2-6 wt% combined ethylene copolymer cover most of the applications. Polypropylene resin products issued by Product Discharge System (PDS). Resin degassing receiver consists of product and product purge bin and is referred to as a resin degassing system. Needed pelleting system in the process of making the final product of polypropylene. Solid waste is generated in the form of polymer waste is much smaller. Liquid waste generated at this plant from the end of the process waste water, process water from sewage treatment gas, boiler blowdown, oil, lubricating oil. Waste gas from the product box and product purge bin produce exhaust gases such as TiO_2 , propylene, ethylene, hydrogen, C_2H_6 , and nitrogen. The amount of total water demand per day is a polypropylene plant sanitation water 0416 m^3 / day, water boiler 1:21 m^3 / day, cooling water 12.63 m^3 / day of process water 53.3 m^3 / day.

Key Word: *Polypropylene, copolymer, UNIPOL*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.1.1 Sejarah	I-1
I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik	I-1
I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	I-3
I.1.4 Kapasitas Produksi	I-3
I.1.5 Pemilihan Lokasi	I-5
I.2. Dasar Teori	I-6
I.2.1 Polipropilen	I-6
I.2.2 Polimerisasi	I-9
I.3. Kegunaan Polipropilen	I-10
I.4. Sifat Fisik dan Kimia	I-11
I.4.1 Bahan Baku Utama Propilen dan Etilen	I-11
I.4.2 Bahan Baku Pendukung	I-14
I.4.3 Produk	I-15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Macam-macam Polimerisasi	II-1
I.1.1 Deskripsi Proses	II-1
II.2. Seleksi Proses	II-9
II.3. Uraian Proses Terpilih	II-10
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1

BAB VI UTILITAS	VI-1
VI.1 Penggunaan Air	VI-2
VI.2 Steam.....	VI-9
VI.3 Bahan Bakar	VI-9
VI.4 Listrik	VI-9
BAB VII KESEHATAN DAN KESELAMATAN	
KERJA	VII-1
VII.1 Sebab-sebab terjadinya kecelakaan.....	VII-2
VII.2 Hal-hal yang harus diperhatikan	VII-3
VII.3 Penggunaan alat pelindung diri (APD)	VII-5
VII.4 Keselamatan karyawan di area pabrik	VII-13
BAB VIII INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN	
PROSES	VIII-1
VIII.1 Pendahuluan	VIII-1
VIII.2 Metode dan Jenis Instrmentasi	VIII-3
VIII.3 Instrumentasi dalam Pabrik Polipropilen	VIII-5
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA..	IX-1
BAB X KESIMPULAN.....	X-1
DAFTAR PUSTAKA	x
LAMPIRAN	
▪ APPENDIKS A	A-1
▪ APPENDIKS B	B-1
▪ APPENDIKS C	C-1
▪ FLowsheet Pabrik	
▪ FLowsheet Utilitas Pabrik	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Gugus Polipropilen.....	I-6
Gambar I.2	Struktur Molekul Polipropilen Isotaktik.....	I-7
Gambar I.3	Struktur Molekul Polipropilen Sindiotaktik.....	I-8
Gambar I.4	Struktur Molekul Polipropilen Ataktik.....	I-8
Gambar I.5	Skema Pembentukan Polipropilen.....	I-10
Gambar II.1	Pembuatan Polipropilen dengan proses <i>slurry</i>	II-2
Gambar II.2	Pembuatan Polipropilen dengan proses <i>Bulk-Process</i>	II-3
Gambar II.3	Pembuatan Polipropilen dengan proses <i>Gas-phase</i>	II-4
Gambar II.4	<i>Amoco-Chiso gas phase process</i>	II-4
Gambar II.5	<i>BASF gas phase process</i>	II-6
Gambar II.6	<i>UNIPOL gas phase process</i>	II-7
Gambar VII.1	Alat Pelindung Kepala.....	VII-6
Gambar VII.2	Alat Pelindung Mata dan Muka.....	VII-7
Gambar VII.3	Alat Pelindung Telinga.....	VII-8
Gambar VII.4	Alat Pelindung Pernapasan.....	VII-9
Gambar VII.5	Alat Pelindung Tangan.....	VII-9
Gambar VII.6	Pakaian Pelindung.....	VII-11

DAFTAR GRAFIK

Grafik I.1 Kurva Grafik Impor Polipropilen.....	I-4
--	-----

DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Data Produksi dan Konsumsi Polipropilen di Indonesia (Ton/Tahun)	I-2
Tabel I.2	Data Penyuplai Kebutuhan Plipopilen dalam Negeri.....	I-2
Tabel I.3	Kebutuhan Polipropilen di Indonesia berdasarkan Data Impor.....	I-3
Tabel I.4	Sifat Fisik Propilen.....	I-11
Tabel I.5	Katalis <i>SHAC (Shell High Activity Catalyst)</i>	I-14
Tabel I.6	Ko-Katalis <i>TEAL (Tri Etil Aluminium)</i>	I-14
Tabel I.7	Sifat Produk Utama (Polipropilen Jenis Kopolimer Random).....	I-15
Tabel II.1	Perbandingan dari Proses Industri Polipropilen.....	II-9
Tabel III.1	Neraca Massa Reaktor.....	III-2
Tabel III.2	Neraca Massa Product Receiver.....	III-3
Tabel III.3	Neraca Massa Product Purge Bin.....	III-4
Tabel III.4	Neraca Massa Screener	III-5
Tabel III.5	Neraca Massa Mixer	III-6
Tabel III.6	Neraca Massa Peletter	III-7
Tabel III.7	Neraca Massa Agglomerate (centrifuge).....	III-8
Tabel III.8	Neraca Massa Screen	III-9
Tabel III.9	Neraca Massa PWC.....	III-10
Tabel III.10	Neraca Massa Rotary Dryer	III-11
Tabel IV.1	Neraca Panas Kompresor Propilen	IV-1
Tabel IV.2	Neraca Panas Kompresor Etilen.....	IV-2
Tabel IV.3	Neraca Panas Kompresor Hidrogen	IV-2
Tabel IV.4	Neraca Panas Kompresor Nirogen	IV-3
Tabel IV.5	Neraca Panas Reaktor.....	IV-4
Tabel IV.6	Neraca Panas Kompresor <i>cycle gas</i>	IV-5
Tabel IV.7	Neraca Panas <i>Heat Exchanger (cooler) cycle gas</i>	IV-5
Tabel IV.8	Neraca Panas Product Purge Bin.....	IV-6

Tabel IV.9	Neraca Panas Mixer	IV-7
Tabel IV.10	Neraca Panas Long Continous Mixing.....	IV-8
Tabel IV.11	Neraca Panas Peletter.....	IV-8
Tabel IV.12	Neraca Panas PWC	IV-9
Tabel IV.13	Neraca Panas Heat Exchanger.....	IV-10
Tabel IV.14	Neraca Panas Heat Exchanger.....	IV-11
Tabel IV.15	Neraca Panas Rotary Dryer.....	IV-11
Tabel VI.1	Kebutuhan Air pendingin	VI-4
Tabel VI.2	Kebutuhan Air proses.....	VI-4
Tabel VI.3	Kebutuhan Air umpan boiler.....	VI-5
Tabel VI.4	Kebutuhan Steam	VI-9
Tabel VIII.1	Sistem Kontrol di Pabrik Polipropilen	VIII-5

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

1.1.1 Sejarah

Manusia bereksperimen dengan plastik dari polimer alami secara berabad abad. Pada abad ke 19, ditemukan bahan plastik yang didasarkan pada polimer yang dimodifikasi secara kimiawi. *Charles Goodyear* menemukan vulkanisasi karet (1839) dan *Alexander Parkes* dari Inggris menciptakan bentuk plastik terawal pada tahun 1855. Ia mencampur proksilin, merupakan suatu bentuk selulosa yang dinitratkan sebagian (selulosa adalah komponen sel utama dari tumbuhan) dengan alkohol dan champor. Hasil ini menghasilkan bahan yang lentur dan transparan, yang disebutnya parkesin.

Plastik pertama yang didasarkan pada polimer sintetik dibuat dari fenol dan formaldehid dengan metode sintesis yang ditemukan oleh *Leo Hendrik Baekeland* pada tahun 1909, produk ini disebut dengan bakelite. Kemudian poli (*Vinyl Klorida*), polistiren, polietilen, polipopilen, poliester yang dikembangkan sehingga menghasilkan keuntungan yang besar.

1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Dari Sumber INAplasi (Ikatan Asosiasi industri olefin, aromatik, dan Plastik Indonesia) didapatkan data produksi, konsumsi dan proyeksi serta perkembangan harga pasar Polipropilen di Indonesia.

**Tabel I.1.** Data Produksi dan Konsumsi Polipropilen di Indonesia (Ton/Tahun)

Tahun	Produksi (Ton/tahun)	Konsumsi (Ton/tahun)
2003	410.000	720.000
2004	492.000	792.000
2005	571.000	871.000
2006	705.000	957.000
2010	830.000	1.080.000
2015	1.203.000	1.503.000

(INApas, 2011)

Dari data diatas menyatakan bahwa kebutuhan Polipropilen di Indonesia dari tahun 2003 sampai dengan 2010, serta perkiraan kebutuhan pada tahun 2015 yang menunjukkan kenaikan kebutuhan yang tinggi. Namun, Kebutuhan polipropilen yang tinggi di Indonesia saat ini hanya diproduksi oleh tiga industri yaitu PT Tripolita dengan produksi 460.000 ton, Pertamina sebanyak 60.000 ribu ton dan PT. Polytama 280.000. Data penyuplai kebutuhan polipropilen dalam negeri ditunjukkan pada **Tabel I.2:**

Tabel I.2. Data Penyuplai kebutuhan Polipropilen dalam Negeri.

Produksi	Persentasi Produksi (%)	Jumlah Produksi (Ton/Tahun)
PT. Tripolita	44	460.000
PT. Politama	25	280.000
Pertamina	6	60.000
Impor	25	280.000

(INApas, 2011)

Dari kebutuhan polipropilen yang semakin meningkat setiap tahunnya, maka sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan polipropilen dalam negeri dilakukan impor dari luar negeri. Dengan pertimbangan diatas maka direncanakan pendirian pabrik polipropilen baru di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.



I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Semakin besarnya kebutuhan akan plastik, maka kebutuhan akan bahan baku plastik pun semakin meningkat. Salah satu bahan baku plastik yang banyak digunakan saat ini adalah polipropilen. Bahan Baku pembuatan Polipropilen ini adalah Propilen dan etilen yang digunakan untuk mendapatkan kopolimer. Propilen diperoleh dari hasil perengkahan steam nafta dan gas oil pada temperatur 700-950°C. Proses ini umumnya menghasilkan propilen dengan kemurnian 90-95 %. Untuk menjadi propilen dengan spesifikasi polimerisasi maka propilen tersebut harus dimurnikan hingga 99,5% dengan purifikasi. Propilen dihasilkan oleh PT Candra Asih Petro Chemical Centre dengan produksi 320.000 Ton/tahun dan Pertamina 230.000 ribu Ton/tahun. Dan untuk bahan baku Etilen dihasilkan oleh PT. Candra Asih Petro Chemical dengan produksi 600.000 ton/tahun. Pabrik Polipropilen ini direncanakan dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan domestik.

1.1.4 Kapasitas Produksi

Untuk memenuhi kebutuhan polypropylene di Indonesia selama ini, selain mengandalkan produksi dalam negeri, kekurangannya dipenuhi oleh impor. Kebutuhan polypropylene di Indonesia berdasarkan data impor ditunjukkan pada **Tabel I.3**:

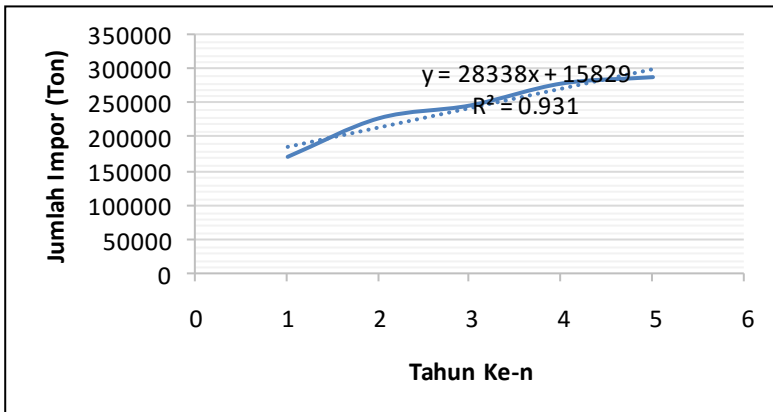
Tabel I.3. Kebutuhan polypropylene di Indonesia berdasarkan data impor

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1	Ke 1 (2010)	172364
2	Ke 2 (2011)	228675
3	Ke 3 (2012)	247409
4	Ke 4 (2013)	279377
5	Ke 5 (2014)	288705

(BPS,2015)



Dari data kebutuhan polipropilen, didapatkan kurva grafik yang menunjukkan semakin meningkatnya jumlah impor polipropilen tiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan polipropilen dalam negeri. Kurva kenaikan jumlah impor ditunjukkan pada **Grafik I.1**



Grafik I.1 Kurva Grafik Impor Polipropilen

Dari grafik I.1 didapatkan persamaan regresi linier untuk memprediksikan jumlah impor untuk memenuhi kebutuhan polipropilen tahun 2020 (tahun ke-11):

$$\begin{aligned} Y &= 28338x + 158291 \\ &= 28338(11) + 158291 \\ &= 470.009 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari prediksi impor tahun 2020 tersebut, pabrik yang akan didirikan direncanakan dapat memenuhi 20 % dari jumlah impor tersebut yaitu sejumlah 100.000 Ton



1.1.5 Pemilihan Lokasi

Ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik agar pabrik yang kita rancang bisa mendatangkan keuntungan yang besar antara lain: penyediaan bahan baku, pemasaran produk, fasilitas transportasi dan tenaga kerja. Alasan pemilihan lokasi untuk lokasi pendirian pabrik polipropilen yang sesuai dengan studi kelayakan antara lain:

- a) tersedia sumber air,
- b) dekat dengan konsumen
- c) dekat dengan pelabuhan
- d) berdekatan dengan pabrik lainnya juga untuk memudahkan memperoleh bahan baku

Lokasi pabrik Polipropilen direncanakan berdiri di Tangerang Selatan, Banten. Yang menjadi bahan pertimbangan pemilihan lokasi pabrik Polipropilen antara lain sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan baku

Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku, maka pabrik didirikan berdekatan dengan pabrik lainnya yang juga untuk memudahkan memperoleh bahan baku seperti propilen dan Etilen.

2. Pemasaran produk

Jawa adalah daerah industri yang besar dan sedang berkembang pesat. Hal ini menjadikan daerah tersebut sebagai pasar yang baik untuk pendirian pabrik Polipropilen. Saat ini banyak pabrik yang membutuhkan Polipropilen sebagian besar juga terdapat di pulau Jawa, namun pemasaran polipropilen dari Jawa ke pulau-pulau lainnya tidaklah sulit karena sudah tersedianya sarana transportasi laut yang cukup memadai.

3. Transportasi

Sarana transportasi darat dan laut sudah tidak menjadi masalah, karena fasilitas jalan raya dan pelabuhan di Banten sudah memadai.

4. Tenaga Kerja

Untuk tenaga kerja dengan kualitas tertentu dapat dengan



mudah diperoleh meski tidak dari daerah setempat. Sedangkan untuk tenaga buruh diambil dari daerah setempat atau dari para pendatang pencari kerja.

5. Faktor Penunjang Lain

Banten merupakan salah satu Provinsi yang memiliki daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor seperti: tersedianya energi listrik, bahan bakar, air, iklim dan karakter tempat atau lingkungan bukan merupakan suatu kendala karena semua telah dipertimbangkan pada penetapan kawasan tersebut sebagai kawasan industri.

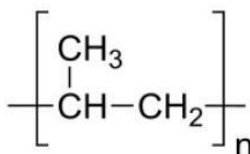
1.2 Dasar Teori

1.2.1 Polipropilena

Polipropilena adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga didunia setelah PE dan PVC. Polimer ini memiliki sifat keseimbangan yang baik sehingga dapat kita temui dari berbagai aplikasi, mulai dari pengemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, part otomotif hingga peralatan elektronik.

Berdasarkan ilmu kimia, polipropilen (PP) adalah suatu makromolekul Thermoplastic (dapat dilelehkan) rantai jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap) yang terdiri dari propilen sebagai gugus yang berulang. Gugus polipropilen ditunjukkan pada

Gambar I.1



Gambar I.1 Gugus Polipropilen

Polipropilen memiliki resistensi tinggi terhadap zat kimia, larut dalam hidrokarbon alifatik dan aromatik dengan berat molekul tinggi dan pada temperatur tinggi. Polipropilen juga dapat teroksidasi oleh oksidator seperti H_2SO_4 dan HNO_3 pekat.

Polipropilen dapat teroksidasi karena pada struktur kimia

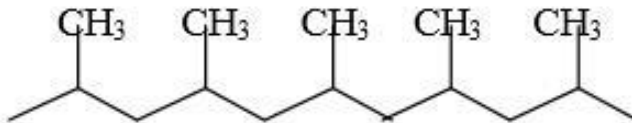


BAB I Pendahuluan

polipropilen terdapat atom C primer, sekunder, dan tersier. Atom H yang terikat pada atom C tersier pada rantai molekul polipropilen bersifat kurang stabil dibandingkan dengan yang terikat pada atom C primer dan sekunder.

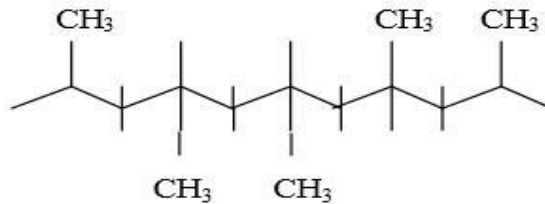
Titik leleh termodinamika untuk propilen kristal murni adalah $187,7^{\circ}\text{C}$, yang diperoleh melalui ekstrapolasi pada kristalisasi polimer secara isothermal. Nilai tersebut lebih tinggi sekitar $23\text{--}28^{\circ}\text{C}$ daripada yang diperoleh dari sampel komersial pada kondisi analisis normal. Untuk polipropilen isotaktik, T_g berkisar dari -13 sampai 0°C , sedangkan T_g untuk polipropilen ataktik adalah dari -18 sampai -5°C . Berdasarkan kekakuan polimer terhadap temperatur, polipropilen dapat digolongkan sebagai polimer termoplastik karena dapat melunak jika dipanaskan, mengalir jika diberi tekanan, dan akan kembali ke sifat padatan jika didinginkan. Berdasarkan letak gugus metil terhadap rantai utama, struktur molekul polipropilen dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

- a. Isotaktik : semua gugus metil terletak pada salah satu sisi rantai polimer sehingga polipropilen bersifat kristalin. Struktur molekul polipropilen isotaktik ditunjukkan pada gambar 1.3



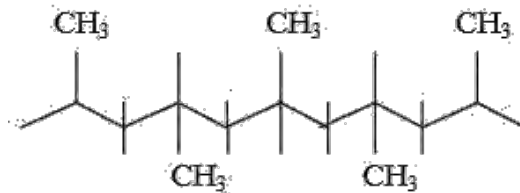
Gambar I.2 Struktur molekul polipropilen isotaktik

- b. Sindiotaktik : gugus metil terletak berselang-seling pada kedua sisi rantai polimer. Jenis ini sulit ditemukan karena pembuatannya sulit (temperatur operasi -78°C). Struktur molekul polipropilen sindiotaktik ditunjukkan pada **gambar I.3**



Gambar I.3 Struktur molekul polipropilen sindiotaktik

- c. Ataktik: gugus metil terletak tak beraturan terhadap sisi rantai polimer sehingga polipropilen ataktik bersifat amorf. Struktur molekul polipropilen ataktik ditunjukkan pada **gambar I.4**



Gambar I.4 Struktur molekul polipropilen ataktik

(Daley, 2001)

Polipropilen komersial umumnya terdiri dari 95-98% isotaktik dan selebihnya ataktik.

Berdasarkan jenis monomer pembentuk (Produk), terdapat 3 jenis polipropilen, yaitu homopolimer, kopolimer random dan kopolimer *Impact*.



1. Homopolimer

Homopolimer adalah polimer yang disusun oleh monomermonomer sejenis dan diproduksi secara langsung dalam sebuah reaktor. Penggunaan produk akhir polimer jenis ini untuk aplikasi yang memerlukan sifat-sifat kekakuan, kekasaran dan kuat tarik yang tinggi. Karakteristik homopolimer adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki daya tahan panas yang paling tinggi
- b. Kejernihannya baik

2. Kopolimer Acak (Random Copolymer)

Kopolimer acak (Random copolymer) adalah kopolimer yang mengandung etilen atau monomer olefin lain yang langsung digabungkan pada saat pertumbuhan rantai polimer dalam sebuah reaktor. Produk jenis ini menghasilkan plastik yang lebih bening dibanding jenis plastik homopolimer. Karakteristik random copolymer adalah sebagai berikut:

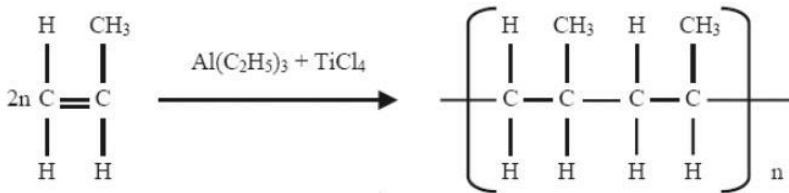
- a. Kristalinitas rendah dan lebih jernih
- b. Titik lelehnya dan kekakuannya lebih rendah

3. Kopolimer Impak/Blok (*Impact Copolymer*)

Kopolimer blok(*impact copolymer*) bukan merupakan polimer sesungguhnya karena merupakan campuran homopolimer dengan karet propilen-etilen. Jenis ini diproduksi secara bertahap menggunakan dua reaktor Tahap pertama yaitu pembentukan homopolimer propilen di dalam reaktor I dan pencampuran kopolimer etilen-propilen di dalam reaktor II. Karakteristiknya memiliki ketahanan terhadap tumbukan dan temperatur cukup rendah.

1.2.2 Polimerisasi

Polipropilen dapat dibuat dari monomer propilen melalui proses polimerisasi menggunakan katalis Ziegler-Natta atau katalis metallocene. Skema pembentukan polipropilen ditunjukkan pada **gambar 1.5**



Gambar I.5 Skema pembentukan polipropilen

Katalis Ziegler-Natta merupakan kombinasi antara senyawa logam transisi dengan senyawa organologam dari logam golongan I-III. Contohnya adalah katalis TiCl_4 dengan kokatalis $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$. Kokatalis ini berfungsi sebagai aktivator karena kokatalis bereaksi dengan katalis membentuk senyawa antara yang aktif. Polimerisasi Ziegler-Natta terbukti berhasil untuk membuat polimer dari hidrokarbon seperti etilen dan propilen tetapi tidak dapat digunakan untuk monomer lain yang mirip seperti polivinilklorida dan poliakrilat tidak dapat dibuat dengan menggunakan polimerisasi Ziegler-Natta

I.3 Kegunaan Polipropilen

Kegunaan polipropilena dalam kehidupan adalah:

1. Polipropilena dapat dibuat Tali, anyaman karpetn atau permadani, dan film.
2. Polipropilena dapat digunakan untuk pengemasan makanan dan dapat juga digunakan sebagai botol minuman, kemasan makanan, rokok, plastik laminating,
3. Polipropilena lebih kuat dari polietilena, sehingga banyak dipakai untuk membuat karung, tali dan sebagainya. Karena lebih kuat, botol-botol dari polipropilena dapat dibuat lebih tipis dari pada polietilena.
4. Dalam bidang medis Polipropilena digunakan sebagai bahan pembuat benang jahit untuk operasi yang diberi nama Prolene, yang dibuat oleh Ethicon Inc.



BAB I Pendahuluan

5. Bahan baku pembuatan karung untuk bahan kimia, untuk bagian bawah karpet dan tali rafia.
6. Polimer ini memiliki sifat yang licin, tidak menyerap air dan kuat. Jenis ini digunakan untuk filamen seperti karpet, benang, dan plastik pelapis.
7. Sebagai bahan pelapis pada logam, berupa lembaran dan lembut karena sifatnya yang fleksibel.

1.4 Sifat Fisik Dan Kimia

1.4.1 Bahan Baku Utama Propilen dan Etilen

A. Propilen

□ Sifat Fisik

Sifat fisik yang dimiliki oleh propilen sebagai bahan baku ditunjukkan pada Tabel I.5:

Tabel I.4 Sifat Fisik Propilen

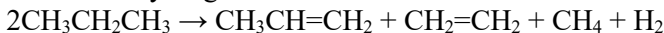
No	Sifat	Nilai
1.	Berat molekul, g/mol	42,078
2.	Titik didih pada 101,3 kPa, °C	-47,7
3.	Titik leleh, °C	-185,3
4.	Temperatur kritis, °C	92
5.	Tekanan kritis, Mpa	4,3
6.	Densitas kritis, g/mL	0,233
7.	Lower explosion limit, %volume dalam udara	2,4
8.	Upper explosion limit, %volume dalam udara	11,1
9.	Temperatur autoignition, 0C	224
10.	Kelarutan dalam air (pada 200°C, 101,3 kPa),	44,6
11.	Rupa	Tidak berwarna
12.	Bau Bau gas alam,	<i>sweet odor</i>
13.	Titik nyala, °C	-108
14.	Densitas uap (untuk udara = 1)	1,5



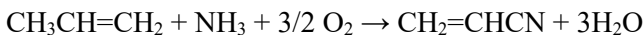
15.	Spesific gravity (20°C, untuk air=1)	0,516
16.	Cp, kal/mol °C	132
17.	Tekanan uap (20°C), psig	15,27
18.	Panas penguapan (-47,7°C), kal/gr	104,67
19.	Panas Peleburan (ΔH_m) (20 °C) (kal/g)	16,67
20	Panas Pembakaran (ΔH_c) (25°C) (kal/g)	4,879

Sifat kimia:

1. Propilen diproduksi melalui sistem cracking pada proses pemurnian minyak bumi yang juga menghasilkan etilen, metana dan hydrogen.



2. Rekais propilen dengan Ammonia menghasilkan akrilonitrit pada industri asam akrilit



3. Pada temperature tinggi klorinasi propilen dengan klorida memproduksi gliserol

**B. Etilena**☐ **Sifat Fisik :**

Rumus kimia	: C ₂ H ₄
Rumus molekul	: CH ₂ = CH ₂
Berat molekul	: 28,052 gr/gmol
Fase	: gas
Warna	: tak berwarna
$\Delta H_f^{\circ}_{298\text{K}}$ entalpi pembentukan	: 12,496 kkal/gmol
Log K _f _{298K} konstanta pembentukan	: -11,9345 kkal/gmol
Entropy (S _o) _{298K}	: 52.54 kkal/gmol
Titik didih	: -103,8°C
Titik lebur	: -169,2°C
Faktor kompresibilitas	: 0,281

\



□ **Sifat Kimia:**

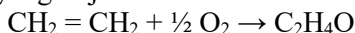
a. Polimerisasi

Etilen dapat dipolimerisasi dengan cara memutuskan ikatan rangkapnya dan bergabung dengan molekul etilen yang lain membentuk molekul yang lebih besar (polimer) pada tekanan dan temperatur tertentu dan dapat pula menggunakan katalis. Molekul yang terbentuk terdiri dari 1000 sampai 6 juta atau lebih molekul etilen. Untuk memproduksi polyetilen digunakan etilen dengan tingkat kemurnian tinggi

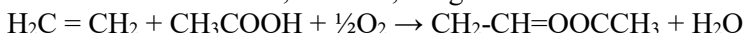


b. Oksidasi

Etilen dapat dioksidasi menghasilkan senyawa-senyawa etilen oksida atau etilen glikol yang banyak digunakan sebagai anti freeze. Etilen fase uap dioksidasi dengan udara atau oksigen dengan katalisator perak oksida pada suhu 200-300°C dan tekanan 1-3 MPa, Reaksi yang terjadi:

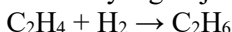


Etilen dapat juga dioksidasi menghasilkan vinil asetat dengan katalis palladium, alumina atau alumina silica pada temperature 175-200°C dan tekanan 0,4-1 MPa, dengan reaksi:



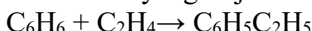
c. Hidrogenasi

Etilen dapat dihidrogenasi secara langsung dengan katalis nikel pada temperatur 300oC. Reaksi yang terjadi :



d. Alkilasi

Etilen dapat juga dialkilasi dengan menggunakan katalis tertentu. Contoh alkilasi Friedel-Craft, mereaksikan etilen dengan benzen untuk menghasilkan produk etil benzene dengan katalis AlCl_3 pada temperatur 400°C. Reaksi yang terjadi :





1.4.2. Bahan Baku Pendukung

Bahan pendukung yang diperlukan untuk pembuatan polipropilen lain **SHAC** (Shell High Actavity Catalyst) pada Tabel 1.6 dan Kokatalis TEAL pada Tabel I.7.

Tabel I.5 Katalis SHAC (Shell High Actavity Catalyst)

No	Sifat	Nilai
1.	Titik nyala, °C	49
2.	Titik tuang, °C	-23
3.	Densitas padat, gr/cm ³	1,03
4.	Tekanan uap, mmHg	< 0,005
5.	<i>Specific gravity</i> (untuk air =1)	1,0-1,1
6.	Kelarutan dalam air, % berat	< 1%berat
7.	Kandungan bahan volatil	5%

(Karger, 1995)

Tabel I.6 Kokatalis TEAL (Tri Etil Alumunium, (C₂H₅)₃Al)

No	Sifat	Nilai
1.	Titik didih, °C	185
2.	Titik beku, °C	-58
3.	Tekanan uap (20°C), mmHg	0,025
4.	Densitas (25°C) , gr/mL	0,8324

(Karger, 1995)



I.4.3 Produk

Produk utama yang dihasilkan dari propilen dan etilen yaitu Polipropilen jenis Kopolimer Random.

Tabel I.7 Sifat Produk Utama (Polipropilen jenis Kopolimer Random)

Sifat	Kopolimer Random
Temperatur leleh	135-145 °C
Benturan Ketahanan	+
Transparansi	++
Kekakuan	++
Fleksibilitas	++
Sifat Unggulan	Kejernihan dan keuletan tinggi

Karakteristik *random copolymer* adalah sebagai berikut:

- a. Kristalinitas rendah
- b. Lebih jernih
- c. Titik lelehnya lebih rendah
- d. Kekuatan susut dan kekakuan lebih rendah
- e. Tahan terhadap tumbukan

Berdasarkan kualitasnya, produk polipropilen dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *On-spec*
Merupakan produk yang memenuhi spesifikasi yang diinginkan
2. *Trantition*
Merupakan produk-produk transisi yang terbentuk saat mengubah melt flow awal ke melt flow yang diinginkan
3. *Off-spec*



Merupakan produk yang tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan

Berdasarkan melt flow, produk polipropilen dapat digolongkan menjadi 4 jenis, yaitu :

1. *Blow molding*

Merupakan produk yang mempunyai melt flow 1,8 – 2,2 gram/10menit

2. *BOPP heat seal*

Merupakan produk yang mempunyai melt flow 5,0 – 5,6 gram/10menit

3. *Injection molding*

Merupakan produk yang mempunyai melt flow 9,5 – 10,5 gram/10menit

4. *Woven Laminating*

Merupakan produk yang mempunyai melt flow 20,0 – 22,0 gram/10menit

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses Polimerisasi

Polipropilen adalah poliofelin yang yang di buat dari ikatan-ikatan atom karbon-karbon dan karbon-hidrogen. Molekul polipropilen terdiri dari gugus metil yang melekat pada unit vinil. Polipropilena adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga didunia setelah PE dan PVC. Polimer ini memiliki sifat keseimbangan yang baik sehingga dapat kita temui dari berbagai aplikasi, mulai dari pengemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, part otomotif hingga peralatan elektronik.

Berdasarkan ilmu kimia, polipropilen (PP) adalah suatu makromolekul *Thermoplastic* (dapat dilelehkan) rantai jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap) yang terdiri dari propilen sebagai gugus yang berulang. Proses utama dalam pembuatan polipropilen yang umum dikenal dalam dunia industri adalah *Slurry, Bulk, Gas phase*

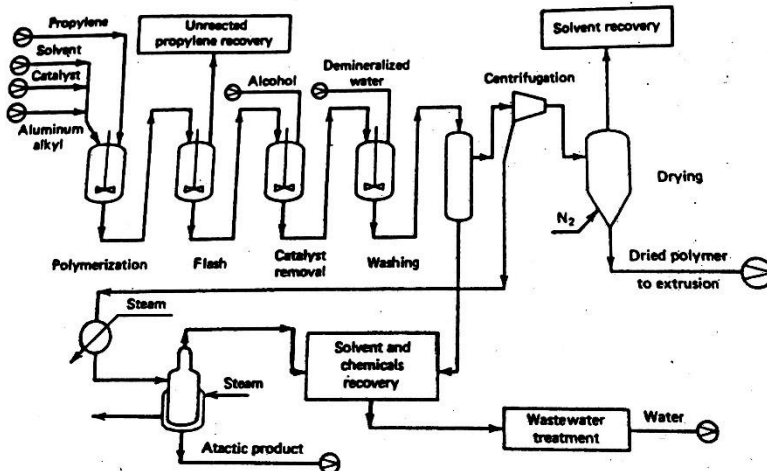
II.1.1 Deskripsi Proses

1. Proses slurry (suspensi)

Proses *slurry* pada pembentukan polipropilen pertama kali diproduksi oleh Hercules di Amerika Serikat dan Montecatini and Hoechst di Eropa. Pada awalnya, proses ini dioperasikan secara *batch* dan menggunakan pengencer berupa alkana serta heksana sering digunakan sebagai pelarut untuk pembuatan katalis dan sebagai pengencer pada tahap polimerisasi. Pada proses ini dipilih ko-katalis terbaik yaitu *Doethyl aluminium-chloride* karena apanila direaksikan dengan metal alkyl akan menghasilkan keseimbangan terbaik dan dilihat juga dari segi dari ketersediaan, biaya, aktivitasnya. Prose selanjutnya, polimer isotaktik diendapkan kemudian diubah menjadi polimer ataktik agar tetap larut dalam heksana. (Namun, masih diperlukan senyawa tambahan untuk menghilangkan sisa ataktik polimer). Proses ini menggunakan peralatan intensif dan mahal untuk



mengoperasikan dan menyeimbangkan kesederhanaan relatif dari fase gas yang modern yaitu proses UNIPOL. Proses pembuatan polipropilen dengan menggunakan proses *slurry* ditunjukkan pada Gambar II.1:



Gambar II.1 Pembuatan Polipropilen dengan Proses *Slurry*

Seperti yang disebutkan sebelumnya, proses awal yang digunakan tidak efisien dengan menggunakan katalis generasi pertama. Karena katalis ini menunjukkan aktivitas rendah dan diproduksi relatif besar polimer ataktik ($> 30\%$), sedangkan resin dibutuhkan pada produk yang sudah melewati reaktor untuk menghapus residu katalis dan polimer ataktik residual. Residu katalis termasuk berbagai macam titanium kompleks, aluminium dan klorin yang terkandung oleh produk yang tidak akan dibahas di sini. Cukup menyebutkan bahwa residu ini bisa menimbulkan korosi peralatan pengolahan dan menyebabkan perubahan warna dan dekomposisi polimer.

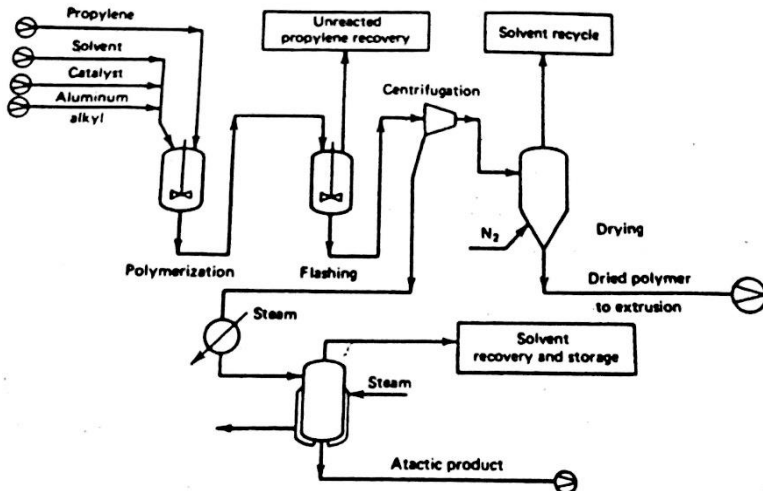
Selama beberapa dekade terakhir, tren industri telah jauh dari proses *slurry* dan tren yang diperkirakan akan terus berlanjut. Desain reaktor yang inovatif menggunakan bulk dan proses fase gas (dan kombinasi keduanya) sebagian besar telah diberikan



proses fase slurry. Namun, masih ada beberapa di seluruh dunia yang menggunakan proses slurry kuno.

2. Proses Bulk atau Liquid Pool

Proses di mana polimerisasi berlangsung pada bahan propilena dalam keadaan cair (berfungsi baik sebagai reaktan dan pelarut) dikenal sebagai "*Bulk*" atau "*Liquid Pool*" proses. Polimer endapan yang terbentuk pada proses tersebut mirip dengan proses slurry. Proses bulk dikembangkan pada tahun 1960 oleh *Dart Industry* (proses *Dart* kadang-kadang juga disebut *Rexene*, *Rexall* atau proses *bulk el paso*). Dalam banyak kasus, polimerisasi berlangsung di reaktor tangki kontinu berpengaduk atau biasa disebut *autoclave*, meskipun *Chevron Phillips Chemical* menggunakan reaktor pipa. Juga dikembangkan proses *bulk* dan lisensi teknologi, terutama untuk *exxon*. Proses pembuatan polipropilen dengan *Bulk-process* ditunjukkan pada **Gambar II.2**

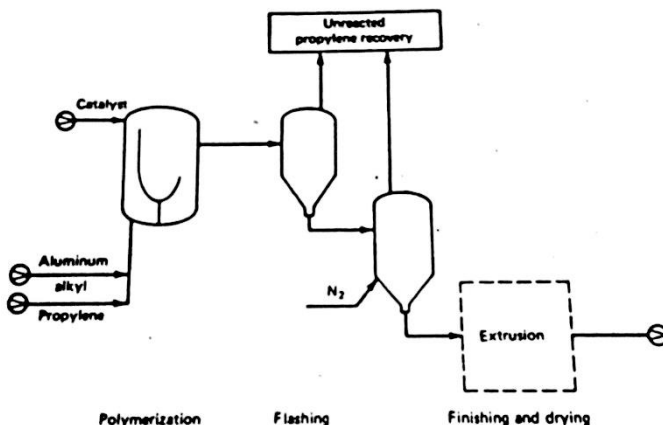


Gambar II.2 Proses Pembuatan Polipropilen dengan *Bulk-process*



3. Proses Fase Gas

Dalam proses fase gas, gas propena dikontakkan dengan katalis padat yang tersebar di polimer kering. Dalam industri menggunakan dua metode yang berbeda dari melakukan reaksi ini tergantung pada metode yang dipilih pada proses pembuangan panas. Proses *Union Carbide / shell* menggunakan adaptasi dari *Unipol polyethylene* sistem *fluidized-bed*, BASF dan Amoco. Proses Pembuatan Polipropilen dengan *Gas-phase* ditunjukkan pada **Gambar II.3**:



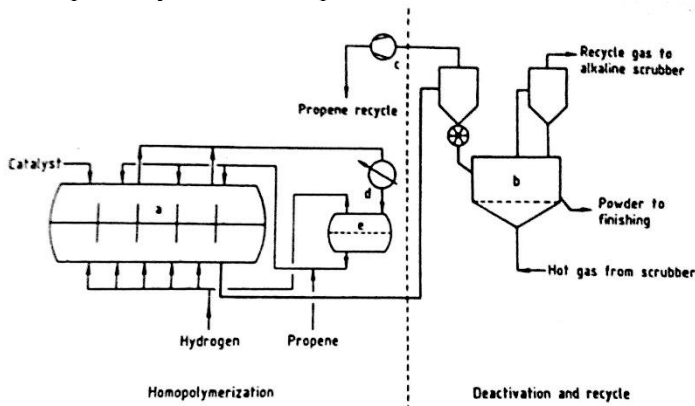
Gambar II.3 Proses Pembuatan Polipropilen dengan *Gas-phase*

Beberapa proses fase gas telah dikembangkan selama 40 tahun terakhir. Ketiganya memiliki kesamaan fase gas propilen polimerisasi tanpa adanya virtual pelarut dan pengencer, tetapi ketiganya berbeda dalam konfigurasi reaktor, katalis dan cara di mana komponen dicampur. meskipun didukung katalis *Ziegler-Natta* yang digunakan hampir secara eksklusif, katalis disusun melalui skema yang berbeda dan berbeda secara signifikan dalam komposisi. Dalam proses fase gas itu perlu untuk menghapus polimer ataktik, karena katalis yang sangat stereospesifik modern dipakai. Berikut ini adalah beberapa jenis teknologi reaktor yang digunakan dalam proses polimerisasi polipropilen pada fase gas:



a. Amoco

Kolaborasi antara Amoco Dan Chisso bersama dari 1985. Proses ini menggunakan reaktor horizontal berpengaduk. Reaktor horisontal kedua digunakan untuk HECO. Reaktor berisi empat kompartemen yang terhubung, masing-masing akan mengalirkan agitator sepanjang sumbu horisontal. Bagian dari masing-masing dari reaktor memberikan proses karakteristik plug-aliran tertentu. Berbeda seperti agitator heliks vertikal dari proses BASF. Monomer daur ulang kental disemprotkan ke bagian atas reaktor, sedangkan monomer terkondensasi dan hidrogen di injeksikan ke dasar untuk mempertahankan komposisi gas. Mencakup sistem penonaktifan *fluidized-bed* untuk digunakan dengan generasi kedua. Menurut, Amoco-Chisso bahwa reaktor mereka mencapai beberapa derajat aliran plug, kira-kira setara dengan 2-3 reaktor kembali sepenuhnya dalam campuran seri



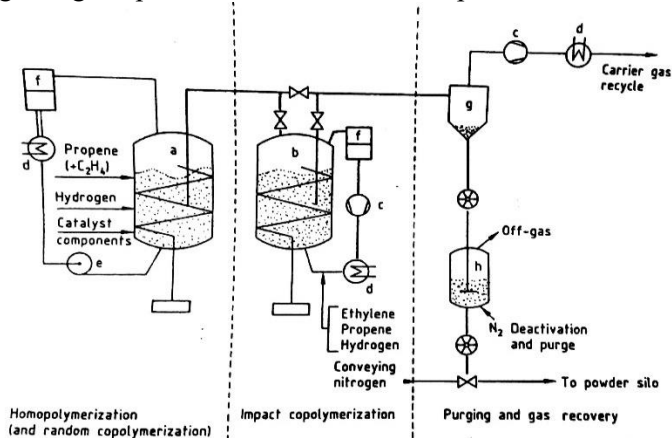
Gambar II.4 Amoco-Chiso gas-phase process

b. BASF

Proses fase gas Lummus-Novolen menggunakan bed berpengaduk vertikal. Proses ini, awalnya dikembangkan oleh BASF di akhir tahun 1960, menggunakan *agitator heliks proprietary*. Proses Lummus-Novolen secara skematis diperlihatkan. Reaktor dapat beroperasi lebih dari 3/4 dari keseluruhan. Suhu proses harus dikendalikan secara hati-hati di



beberapa titik di reaktor karena *bed* berpengaduk rentan untuk mengembangkan panas setempat. Karena mekanisme dari pengaduk kurang rentan terhadap fouling pada dinding, yang merupakan masalah bagi *fluidized bed* reaktor fase gas. Tidak seperti *fluidized bed* proses fase gas, jumlah gas yang diperlukan untuk didaur ulang jauh lebih rendah, karena hanya berfungsi untuk menghilangkan panas, tidak untuk mencampur.



Gambar II.5 BASF gas-phase process

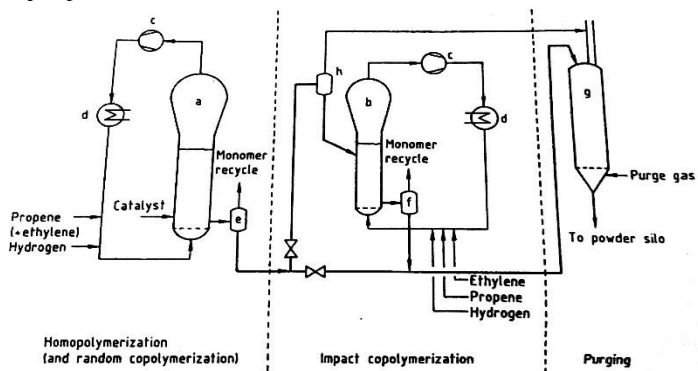
BASF proses yang berkesinambungan untuk membuat homopolimer, kopolimer *impact* dan kopolimer acak dari propilena-etilena menggunakan aktivitas tinggi dan katalis yang sangat stereospesifik. Bejana reaktor dengan kapasitas 25, 50 atau kapasitas 75 m³, dilengkapi dengan *agitator heliks proprietary* memberikan agitasi yang baik. Homopolimerisasi hanya membutuhkan reaktor utama di mana komponen-komponen katalis sebagai umpan. Umpan tersebut harus tersebar baik pada bed untuk menghindari adanya penumpukan. Kondisi reaksi dari 70-80°C dan 3-4 MPa memastikan bahwa fase monomer adalah keadaan gas pada reaktor. Konsentrasi rendah dari hidrogen digunakan untuk mengontrol massa molekul lebih dari kisaran luas. Suhu dikendalikan dengan menghilangkan propen gas dari ruang kepala reaktor kondensasi dengan air



pendingin dan sirkulasi kembali ke dalam reaktor, di mana penguapan yang menyediakan pendinginan yang diperlukan serta aerasi lebih lanjut dari bed berpengaduk. setiap ton polimer yang dibuat membutuhkan propena cair untuk menguap sebagai pendingin.

c. Unipol

Proses fase gas Unipol untuk polypropylene adalah perpanjangan dari Union Carbide (sekarang dow Chemical) tahap proses gas untuk polyethylene awalnya dikembangkan di tahun 1960. Pada akhir tahap awal pengembangan proses "UNIPOL PP", Shell High Activity Catalyst (SHAC) digunakan. baru-baru ini, katalis generasi SHAC ketiga dan keempat dipekerjakan. proses UNIPOL PP menggunakan reaktor fluidized bed vertikal dan tidak ada agitasi mekanik yang diperlukan. bagian atas bulat dari reaktor telah menjadi hampir ikon dalam industri poliolefin. bagian menonjol dari reaktor dirancang untuk menjadi zona pelepasan partikel, yang memungkinkan partikel untuk jatuh kembali ke dalam fluidized bed. penting untuk menggunakan katalis yang mengandung kemungkinan kecil baik dari segi aglomerat polimer yang sangat besar yang sulit untuk terfluidaisasi dan yang terakhir menghasilkan partikel polimer yang sangat kecil yang lebih sulit untuk melepaskan diri dari persebaran propilen.



Gambar II.6 UNIPOLgas-phase process



Fluidized bed dipertahankan dengan memperkenalkan gas propilen melalui plat distributor di bagian bawah reaktor. Laju aliran yang sangat tinggi dan propilen yang berfungsi baik sebagai monomer dan gas pendingin untuk menghilangkan panas dari polimerisasi. Kelebihan dari gas propilen didinginkan dan kembali ke reaktor. Penumpukan statis dapat menjadi masalah. Hal tersebut muncul dari gesekan dikembangkan antara gas yang mengalir dan partikel polimer yang tidak terkonduksi. Ketika statis terakumulasi pada dinding reaktor dapat membentuk lembaran polimer, aditif khusus diperkenalkan dalam jumlah kecil ke dalam reaktor untuk mengontrol muatan statis.

Union Carbide / dow dimulai pertama pabrik UNIPOL PP pada tahun 1985. UNIPOL PP telah menjadi teknologi paling sukses dari polypropylene fase gas, yang telah berlisensi untuk lebih dari 20 perusahaan di seluruh dunia yang beroperasi 46 jalur UNIPOL PP, pada 2011. di Artikel pada tahun 2005, Engel mengklaim bahwa Union Carbide / dow memiliki lebih dari 120 hubungan poliolefin reaktor di seluruh dunia dan 1.700 reaktor-tahun beroperasi aman untuk proses UNIPOL termasuk angka untuk proses UNIPOL untuk polyethylene dan telah meningkat secara cepat sejak tahun 2003.



II.2 Seleksi Proses

Dari berbagai macam proses polimerisasi pembentukan

Type Proses	Solvent	Temperatur (oC)	Tekanan (psig)	Dikembangkan oleh-	Deskripsi Proses
Slurry (Suspension)	Hexana	50-80	100-400	Montecatini, Hercules, Hoechst	Pengendapan polimer untuk membentuk slurry, dan digantikan oleh proses Bulk dan proses Gas
Bulk (Liquid Pool ²)	None (Propilen)	45-80	250-550	Dart, El Paso, Sumitomo	Pengendapan polimer pada Bulk propilen untuk membentuk suspensi
Fase Gas	None	60-80	200-600	BASF, Amoco/Chisso, Union Carbide	Butiran partikel dibentuk pada fase gas di fluidized bed, horizontal stirred bed atau vertical stirred bed.

polipropilen, didapatkan beberapa hasil simpulan perbandingan dari masing-masing proses. Perbandingan dari Proses Industri Poliropilen ditunjukkan pada table II.1

Tabel II.1 Perbandingan dari Proses Industri Poliropilen

Dari penjelasan beberapa teknologi pembuatan polipropilen diatas, proses polimerisasi fasa gas dipilih dalam mengerjakan tugas akhir ini. Dan menggunakan jenis reaktor *Fluidized bed* reaktor dengan teknologi UNIPOL lisensor dari *Union Carbide Corporation*. Keunggulan dari proses UNIPOL adalah sebagai berikut:

- Secara mekanik sederhana dan memiliki teknologi yang tangguh
- Satu reaktor untuk homopolimer dan kopolimer acak, dua



- reaktor untuk kopolimer blok
- c. Kondisi operasi yang lunak ($P=30$ bar, $T=65^{\circ}\text{C}$) tidak menggunakan *solvent*
 - d. Resin mengalir dengan gravitasi
 - e. Menggunakan kembali aliran *vent* untuk yield yang tinggi
 - f. Mempunyai pengendalian proses yang baik
 - g. Kualitas produk yang konsisten karena keseragaman kondisi *fluidized bed* yang tercampur sempurna
 - h. Jenis produk yang fleksibel
 - i. Operasi yang stabil yang menjamin target produksi, target mutu, serta on stream yang baik
 - j. Tekanan dan temperatur yang rendah akan meningkatkan keselamatan operasi

II.3 Uraian Prose Terpilih

Proses produksi polipropilen dengan menggunakan proses polimerisasi fasa gas UNIPOL yang dikembangkan oleh *Union Carbide Corporation*. *UNIPOL Polypropylene Process* merupakan proses yang menggabungkan proses UNIPOL milik *Union Carbide* untuk polimerisasi poliolefin dengan menggunakan katalis SHAC beraktivitas tinggi milik *Shell Chemical*. Proses ini memiliki keunggulan karena limbah yang dihasilkan sedikit dan hampir semua bahan baku dapat diproses kembali (*recovery*).

UNIPOL Polypropylene Process mampu memproduksi tiga jenis polipropilen yaitu homopolimer, propilen-etilen *random* kopolimer, dan *impact* kopolimer. Proses ini dapat beroperasi dengan satu reaktor atau dengan dua reaktor dalam satu rangkaian proses. Homopolimer dan random kopolimer diproduksi dengan menggunakan satu buah reaktor. *Impact* kopolimer diproduksi dengan menggunakan dua buah reaktor dalam satu rangkaian proses dengan menggunakan sistem tangki transfer untuk memindahkan propilen-etilen kopolimer ke reaktor kedua untuk dapat memproduksi *impact* kopolimer sebagai hasil akhir.



Reaksi polimerisasi pembentukan polipropilen merupakan reaksi polimerisasi pertumbuhan rantai atau polimerisasi adisi. Pada polimerisasi adisi, kereaktifan polimer dapat diabaikan terhadap kereaktifan monomernya. Pertumbuhan rantai hanya disebabkan oleh penambahan monomer yang terus menerus terhadap radikal bebasnya.

Polimerisasi adisi menghasilkan bentuk polimer dengan molekul yang sama dengan monomernya. Berat molekul polimer yang terbentuk merupakan penjumlahan sederhana dari berat molekul unit monomer yang bergabung dalam rantai. Pada polimerisasi adisi tidak terjadi pengakhiran, polimerisasi terus berlangsung sampai tidak ada lagi gugus fungsi tersedia untuk bereaksi. Namun reaksi dan derajat polimerisasi dapat diatur dengan menggunakan pengaturan waktu reaksi dan suhu reaksi. Cara penghentian reaksi yang paling baik dengan menggunakan penghentian ujung atau dengan menggunakan satu monomer secara berlebihan.

A. Resin Degassing

Teknologi UNIPOL ini dikenalkan pada tahun 1960. Menggunakan katalis *Shell high activity catalyst (SHAC)*. Bagian atas bulat dari reaktor telah menjadi ciri khas dari bentuk reaktor UNIPOL dalam industri poliolefin. Bagian menonjol dari reaktor dirancang untuk partikel untuk dapat jatuh kembali ke dalam reaktor *fluidized bed*. Hal yang penting dalam pemilihan dan penggunaan katalis minimal ada dua syarat yaitu dalam ukuran partikel yang sangat besar dan partikel yang sangat bagus. Sisa pololimerisasi menghasilkan polimer partikel yang sangat kecil, lebih sulit untuk melepaskan diri dari sirkulasi propilena.

Reaktor *fluidized bed* yang tinggi dengan bagian atas yang diperluas juga digunakan untuk mengurangi kecepatan gas dan propilen yang masuk. Umpan yang masuk secara kontinu dari komponen katalis, komonomer, hidrogen dan propen sepenuhnya dicampurkan pada fase padat *fluidized-bed*. Pendingin pada resirkulasi gas menghilangkan semua panas reaksi dari aliran gas yang cukup besar. Dalam sistem *fluidized bed* dapat bekerja



sebagai reaktor pencampuran tanpa pemisahan partikel kasar. Tidak diperlukan agitasi mekanik. Dan kondisi operasi dari reaktor ini untuk temperatur yang digunakan kurang dari 88°C dan untuk tekanan yang digunakan kurang dari 4 Mpa.

Produk polimerisasi dan gas akan dikeluarkan melalui piringan distribusi oleh *valve* ke *cyclone separator*, dan kemudian dialirkan langsung menuju *vessel* pembersih untuk membersihkan residu monomer. Baik katalis removal atau ekstraksi polimer atakdibutuhkan pada *modernShell* katalis yang digunakan pada proses UNIPOL.

Kopolimer berasal dari propen dengan alfa olefin yang terdiri dari 30 % total polipropilen. Ada dua jenis dari kopolimer dan memiliki area aplikasi yang berbeda. Kopolimerisasi acak, diperoleh dari kopolimerisasi campuran propena dan olefin alfa lain, memiliki titik lebur yang rendah dan kejernihan atau kebeningan yang tinggi. *Impact* (block) kopolimerisas, dibuat dalam polimerisasi dua tahap, mempunyai kualitas *high-impact-streng* dan terdiri dari dispersi elastomer propen-etilen

Reaksi polimerisasi pada *fluidized bed* reaktor menghasilkan kopolimer acak yang pembuatannya sama dengan homopolimer, tetapi merupakan campuran dari propen dan komonomer, serta penggunaan propen murni. Biasanya, polimer mengandung 2-6 wt % kombinasi etilen menutupi sebagian dari aplikasi kopolimer. Hasil dari kopolimer biasanya juga disebut sebagai “*statistical*” karena *heterogeneous* dari katalis *ziegler* jarang menghasilkan kopolimer yang benar-benar acak dengan *feed* campuran monomer. Semakin tinggi alfa olefin maka akan lebih mahal dan kurang reaktif terhadap propena dan menyulitkan tahap monomer *recycle*. Namun, sifat *attractive* dari produk yang akan menstimul dalam proses pembuatan atau polimerisasi.

Dalam kasus polimerisasi suspensi, baik dalam pengencer hidrokarbon dalam jumlah besar, sejumlah besar larut dengan produk menambah kesulitan penanganan viskositas karena kenaikan pada kadar komonomer yang lebih tinggi. Pengeringan suhu harus dikurangi karena titik leleh rendah dan



sifat yang lebih kohesif terhadap partikel. Sistem fase gas, terutama yang memiliki beberapa tingkat agitasi mekanik, kurang berpengaruh, meskipun suhu maksimum masih perlu di kontrol hati-hati.

Selanjutnya adalah polimerisasi tahap selanjutnya pada reaktor kedua yaitu dengan hasil terbentuknya *impact (block)* kopolimerisasi. Kopolimer (*impact*) dianggap sebagai proses dengan biaya terendah untuk membuat polipropilen yang keras. Dapat divisualisasikan sebagai metode untuk memproduksi campuran dari polipropilen homopolimer dan elastomer dengan kekerasan berasal dari polimerisasi etilena-propilen. Pada dasarnya kandungan sekitar 10-20% berat elastomerini, sudah cukup untuk sebagian besar aplikasi dari polipropilen. Meskipun ketersediaan produk yang mengandung 30-40% berat akan memperluas aplikasi penggunaannya.

Persyaratan minimum untuk blok kopolimerisasi adalah proses polimerisasi dua tahap. Dalam satu stage homopolimer disiapkan oleh salah satu metode untuk polimerisasi. Tahap lain menggunakan umpan monomer campuran etilen dan propen untuk menghasilkan sebagian besar amorf, fase elastomer dalam partikel polimer. Banyak konfigurasi lainnya yang lebih kompleks telah diklaim menguntungkan untuk produk tertentu, tetapi dua tahap umumnya memadai.

Homopolimer atau kopolimer etilen sangat rendah, selalu dibuat dalam reaktor pertama karena elastomer fragmen partikel katalis dalam sistem pengencer dan menghasilkan produk lengket di reaktor gas-fase. Tahap pertama reaksi, menggunakan propen dan hidrogen sebagai pengendali massa molekul, dapat dibedakan dari homopolimerisasi konvensional.

menghapus polimerisasi panas. Gas polipropilen kelebihan didinginkan dan kembali ke reaktor. Penumpukan static dapat menjadi masalah. Hal itu muncul dari gesekan antara gas yang mengalir dan partikel polimer yang tidak terjadi polimerisasi. Ketika *static* terakumulasi pada dinding reaktor dan dapat membentuk lembaran polimer, yang dapat mematikan *fluidized*



bed jika copot dari dinding. Aditif khusus ditambahkan dalam jumlah kecil ke dalam reaktor untuk mengendalikan akumulasi dari *static*.

B. Resin Degassing

Setiap reaktor memiliki dua buah *product discharge system* dan setiap *product discharge system* terdiri dari *product chamber* dan *product blow tank*. Kedua buah PDS ini dapat dioperasikan secara parallel bersama atau terpisah jika terjadi kerusakan mekanik pada salah satu PDS. PDS digunakan untuk mentransfer produk resin polipropilen dari reaktor menuju *product receiver* atau digunakan ketika memindahkan homopolimer dan random kopolimer menuju *transfer tank* untuk dilanjutkan ke reaktor *impact* kopolimer.

Setelah terjadi reaksi di dalam reaktor, produk resin polipropilen dikeluarkan melalui *Product Discharge System* (PDS). Pemantauan dilakukan melalui *transmitter* yang mengidentifikasi berat unggun, tingkat unggun, dan *bulk density* yang terfluidakan. Variabel ini diamati untuk menjamin terjadinya fluidisasi dengan baik di dalam reaktor. Tinggi unggun dikendalikan pada rentang 14-15 meter dari dasar reaktor dan densitas curah unggun terfluidakan normalnya 6-10 lb/ft³. Setelah ketinggian unggun telah mencapai batas yang ditentukan, maka suatu tanda untuk pengeluaran resin secara otomatis memberikan tanda perintah dan *valve* pengeluaran pada reaktor unggun terfluidakan terbuka untuk memberi jalan bagi sejumlah resin untuk ditransfer ke PDS. Resin pertamakali masuk ke dalam *product chamber* selanjutnya ditransfer ke *product blow tank*.

Laju pengeluaran produk bergantung pada laju produksi resin dan diatur untuk memastikan agar ketinggian unggun tetap. Pada saat laju produksi tinggi, ketinggian unggun terfluidakan memiliki kecenderungan untuk meningkat. Dengan demikian, laju pengeluaran produk harus juga ditingkatkan untuk menjamin ketinggian yang tetap. Sebaliknya, jika tidak terjadi reaksi, ketinggian unggun tidak akan meningkat dan dengan demikian tidak ada produk yang dikeluarkan pula.



Setiap PDS terdiri dari satu *product chamber* dan satu *product blow tank*. Fungsi dari PDS adalah untuk mentransfer resin dan gas dari reaktor ke *product receiver* dalam beberapa langkah secara bertahap dengan mengurangi tekanan pada resin yang mengandung gas karena tekanan resin keluar reaktor 26-30 kg/cm²G dapat diturunkan didalam *product chamber* menjadi 14-15 kg/cm²G dan akhirnya menjadi 7 kg/cm²G pada *product blow tank*. Dari *blow tank* resin selanjutnya ditransfer ke *product receiver* dengan sistem *conveying gas* dengan bantuan gas dari *cycle gas cooler* jika tekanan dari *product blow tank* tidak mencukupi untuk memindahkan resin ke *product receiver*.

C. Resin Degassing

Sistem resin *degassing* didesain untuk menghilangkan sejumlah kecil dari hidrokarbon terlarut yang terkandung dalam resin. Alat ini juga didesain untuk mengumpulkan, menyaring dan menyalurkan gas ke *vent recovery system*. Resin *degassing* terdiri atas *product receiver* dan *product purge bin* dan disebut sebagai resin *degassing system*.

Product receiver berfungsi untuk menampung resin yang berasal dari *discharge system*. Resin ditransfer dari PDS ke *product receiver* dengan menggunakan sistem *dense phase conveying*. *Conveying gas* sebagian besar merupakan campuran dari *hydrogen* dan *nitrogen*, dan akan dipisahkan dari resin dalam *product receiver*. Nitrogen atau *light gas* dari *vent recovery* dimasukkan melalui bagian bawah *receiver* untuk membawa sisa hidrokarbon pada resin polipropilen. Aliran masuk nitrogen atau *light gas recycle* dibagi ke dalam beberapa titik tempat masuk aliran, yaitu melalui *internal cone* dan *bottom external cone* untuk menghilangkan hidrokarbon. Gas yang terkandung dalam resin terikut bersama gas ringan ini dan akan disaring melalui *product receiver dust collector* untuk menghilangkan padatan yang terbawa gas sebelum dimasukkan ke *vent recovery system*. Resin yang tertinggal, keluar melalui bagian bawah *product receiver* dan kemudian dialirkan *mechanical delumper*. *Mechanical delumper* berfungsi untuk memecah resin yang masih



menggumpal. Resin kemudian dialirkan menuju *rotary feeder* untuk mengatur laju alir resin. Setelah melewati *rotary feeder*, resin dialirkan ke *product purge bin* yang telah dilengkapi dengan filter.

Product purge bin didesain sebagai tempat sementara dengan waktu tinggal tertentu untuk membersihkan permukaan resin dari sisa hidrokarbon. Uap (*low steam*) dalam campuran nitrogen dimasukkan melalui bagian bawah *purge bin* untuk membersihkan sisa hidrokarbon dan mentralkan sisa katalis. *Low steam* digunakan untuk mendeaktivasi katalis yang tersisa pada resin dan sekaligus memanaskan nitrogen. Sedangkan nitrogen berfungsi sebagai *gas puriging*, yaitu untuk melarutkan hidrokarbon yang masuk ke dalam *product purge bin* dan untuk mencegah kondensasi uap.aliran yang keluar dari *purge bin* ini disaring dengan menggunakan *product purge bin filter* sebelum dialirkan ke *flare header*. Setelah sisa katalis pada resin dinetralkan dengan menggunakan uap, resin dialirkan melalui *product purge bin slide valve*, *product purge bin rotaryfeeder*, dan *granular diverter valve*. Resin yang keluar dari *diverter valve* ini dapat dilangsungkan ke *mixer hoper (pelletizing)* dengan menggunakan gravitasi atau dipindahkan ke *seed resin silo* dengan menggunakan udara sebagai gas pembawa dari *pelletizing blower*.

D. Pelleting

Sistem *pelleting* dibutuhkan dalam proses pembuatan produk akhir polipropilen. Sebagian besar konsumen polipropilen tidak memiliki fasilitas yang layak untuk pengangkutan resin polipropilen secara aman (dalam bentuk resin). Polipropilen dalam bentuk resin harus diangkut dengan menggunakan nitrogen untuk menghindari bahaya karena ledakan. Sehingga perlu adanya perubahan bentuk dari resin polipropilen ke dalam bentuk pellet.

Elemen utama dari sistem *finishing* polimer ini adalah pada proses pencampuran dan ekstruksi. *Finishing*, peramuhan (*compounding*), atau operasi proses panas (*hot processing operation*), merupakan proses keseluruhan dalam membentuk,



BAB II Macam dan Uraian Proses

meratakan (*homogenized*), memadukan (*alloyed*), mencampurkan dengan aditif dan bahan perubahan molecular produk-produk polipropilen dari berbagai jenis. Proses ini meliputi proses pelelehan resin dengan menggunakan geseran, penambahan polimer lain dan aditif, diikuti oleh pemberian tekanan dan pembentukan pellet dibawah air.

Proses *pelletizing* terdiri dari proses pengumpanan polimer dan aditif, pencampuran serta pelelehan aliran umpan, *melt homogenized*, *melt pressurization*, pengayakan (*screening*), *pelletizing* dan pellet recovery. Komponen utama dalam proses *pelletizing* ini adalah *mixer*, *melt pump*, *die plate*, dan *pelletizer*

Bahan aditif dikombinasikan dengan aliran umpan resin menggunakan *high shear continuous mixer*. Air pendingin atau uap dialirkan ke *mixer* untuk memengaruhi derajat homogenisasi dan dispersi.

Resin yang telah dihomogenisasi diumpankan melauai tekanan dari *mixer* dengan menggunakan *melt pump* menu transition *piece-1*, kemudian melewati *screen pack*, lalu menuju transition *piece 2* dan yang terakhir melewati *die plate*. Kecepatan *melt pump* dikendalikan oleh tekanan *discharge mixer* atau tekanan *suction* pompa.

Screen pack digunakan untuk menyaring setiap benda asing yang masuk kedalam die channels dan untuk menghancurkan beberapa bahan yang masih terbawa pada polimer. Polimer yang telah meleleh akan dieksterusi melewati *die plate* yang dipanaskan dengan menggunakan uap dan di bentuk menjadi *pellet* (*pelletizing*) secara *under water* menggunakan pisau yang berputar pada bagian depan *die plate*. Tujuan dari pembentukan *pellet* ini dengan metode *under water* adalah untuk memadatkan lelehan *pellet* dan mengapungkan serta mengalirkannya menuju *agglomerate remover*.

Pelet diangkut bersama air menuju penghilang gumpalan (*agglomerate remover*), *dewatering chute*, dan pengeringan pada *centrifugal drier*. Air dari *dewatering chute* dan *drier* akan dibersihkan didalam *pelletizing cycle water tank*. Pada siklus ini



disediakan pompa sentrifugal untuk mendaur ulang air melewati pendingin dan *pelletizer*. *Pellet* yang meleleh dan panas akan mengakibatkan peningkatan temperature air *pelleteer*. Air *pelleteer* mengalir melalui *tube* untuk didinginkan dengan air pendingin yang mengalir pada *shell*.

Pellet yang telah dikeringkan melalui proses *pellet drier* akan melewati *pellet screener* untuk memisahkan *pellet* berdasarkan bentuk fisik *pellet*, yaitu sesuai dengan ukuran yang ditentukan, ukuran yang berlebihan, dan ukuran yang kurang. *Pellet* yang sesuai dengan ukuran yang ditentukan, akan menuju *pellet surge tank* (yang berguna untuk tempat penampungan sementara ketika akan mengganti arah *silo* atau akan mengganti arah *valve* ke *silo*) yang dilengkapi dengan *rotary feeder*. Sednagkan *pellet* yang tidak sesuai ukuran (*under size*) akan dikemas secara terpisah dan dijual dengan harga yang lebih rendah.

E. Vent Recovery

Tujuan utama *vent recovery* adalah untuk memperoleh kembali monomer propilen dari sistem buangan gas reaksi (reaktor *vent filter*) dan sistem buangan gas terdiri dari *resin degassing (product receiver)*. Komponen utama gas ini adalah propilen dan propane sedangkan hidrogen dan nitrogen ada dalam jumlah yang kecil. Unit ini menerima gas dari *product receiver* dan reaktor *vent*. Sebagian produk dari unit ini berupa cairan propilen yang diumpankan kembali ke reaktor, gas ringan daur ulang dan cairan propan. Propan yang telah dipisah kan digunakan sebagai bahan bakar boiler pada saat *start up* dan sebagai bahan bakar *pilot burner* pada *flare*.

Vent recovery Compressor System merupakan sistem kompresi yang diperlukan untuk mengubah aliran gas buangan bertekanan rendah menjadi aliran bertekanan tinggi yang membuat propilen terkondensi pada tahap selanjutnya. Sistem *recovery* ini menggunakan kompresor *reciprocating* yang disebut *vent recovery compressor*



Gas daur ulang dari unit-unit yang dialirkan *after cooler condenser*. Kondensor ini merupakan unit pemisahan awal antara cairan dan gas. Media yang digunakan adalah air pendingin bertemperatur 35°C dan tekanan 40 kg/cm²G. Gas gas yang tidak terembunkan di dalam kondensor kemudian dialirkan ke *vent recovery* autorefrigeration dan fasa cairannya diumpankan ke *vent recovery coloumn*. Uap yang tidak terkondensasi kemudian dialirkan menuju *refrigeration intercharger*. *Refrigeration intercharger* merupakan pendingin empat tahap.

Vent recovery coloumn merupakan sub sistem distilasi yang digunakan untuk memisahkan propilen dan propena.



Halaman ini sengaja dikosongkan

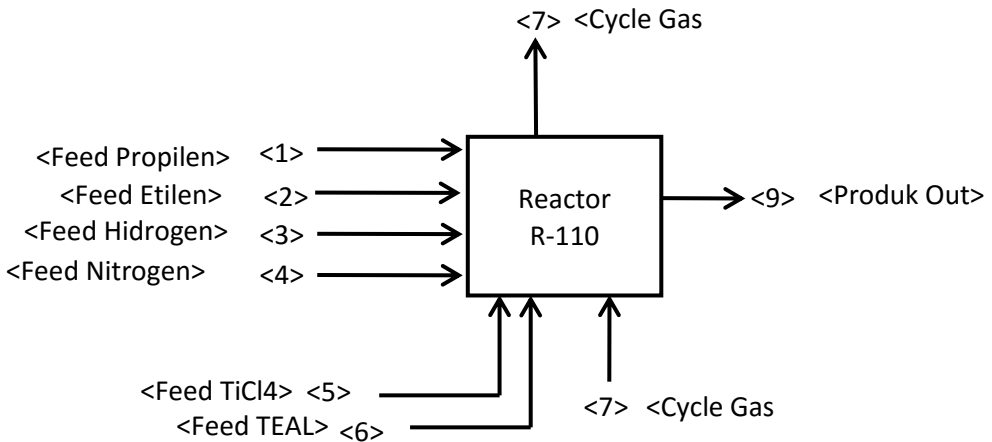
BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas Produksi Pabrik : 100.000 ton/tahun
Kapasitas Harian : 303.030 ton/hari
Kapasitas Perjam : 12.63 ton/jam
Satuan Operasi : kg/jam

1. *Fluidized Bed Reactor*

Fungsi : Mereaksikan bahan baku propilen, etilen dan hydrogen menjadi polipropilen yang merupakan reaksi pertumbuhan rantai atau polimerisasi adisi.



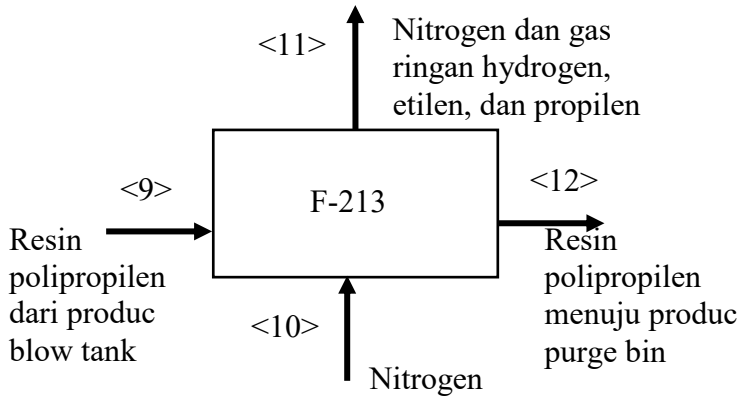


Tabel III.1 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk							Keluar	
	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>	<8>	<9>
Polipropilen									125 92.4 4
Propilen	10247 .09						2466. 42	2464. 38	76.2 8
Etilen		2262. 14					63.50	63.45	1.96
Hidrogen			170.5 5				294.5 8	294.3 3	9.11
Nitrogen				325.5 9			139.5 4	139.4 2	325. 59
TiCl ₄					0.79				0.79
TEAL						14.3 3			14.3 3
Total	15984.54							15984.54	

2. *Product Receiver*

Fungsi : Menampung produk resin polipropilen untuk dihilangkan gas-gas ringan dari bahan baku menggunakan nitrogen.

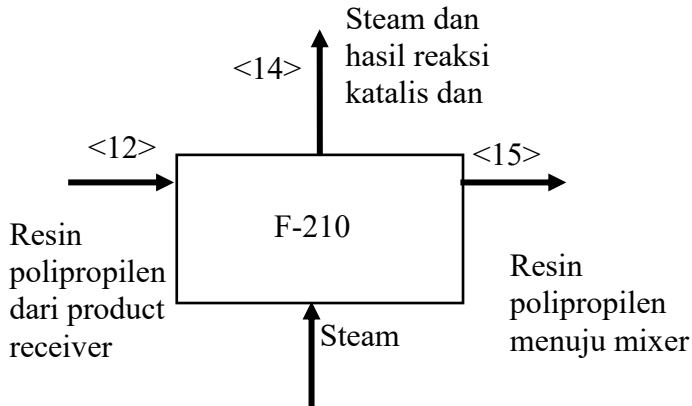
**Tabel III.2** Neraca Massa *Produ Receiver*

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran <9>	Aliran <10>	Aliran <11>	Aliran <12>
Polipropilen	12592.44			12181.77
Propilen	76.28		73.79	
Etilen	1.96		1.90	
Hidrogen	9.11		8.81	
Nitrogen	325.59	87.36	412.95	
TiCl4	0.79			0.79
TEAL	14.33			14.31
Total	13107.86		13107.86	



3. Product Purge Bin

Fungsi : Menampung produk resin polipropilen untuk dihilangkan katalisnya dengan menggunakan steam (H_2O).



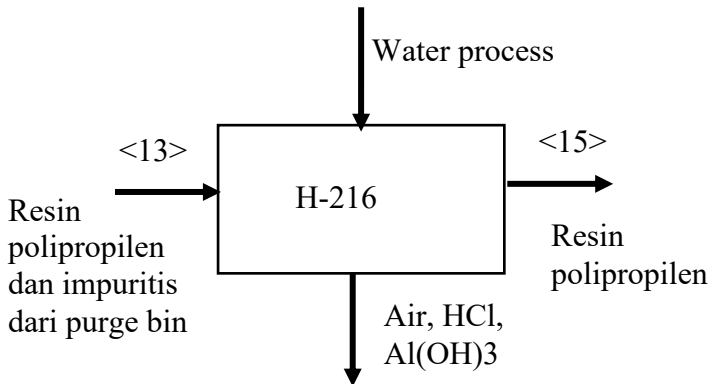
Tabel III.3 Neraca Massa *Produc Purge Bin*

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran <12>	Steam	Aliran <14>	Aliran <15>
Polipropilen	12592.44			12582.00
TiCl ₄	0.79			
TEAL	14.33			
H ₂ O		6.94		
TiO ₂			0.33	
HCl				0.61
Al(OH) ₃				9.80
3C ₂ H ₆			11.31	
Total		12614.49		12614.49



4. Screen

Fungsi : Memisahkan produk reaksi katalis dan kokatalis $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan HCl dengan bantuan air.



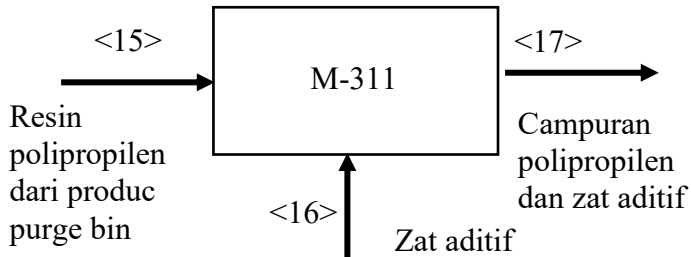
Tabel III.4 Neraca Massa *Produc Purge Bin*

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran <13>	Aliran air proses	Aliran limbah	Aliran <15>
Polipropilen	12592.44			12592.44
HCl	0.61		0.61	
$\text{Al}(\text{OH})_3$	9.80		9.79	
H_2O		100	97	3
Total	12702.85		12702.85	



5. Mixer

Fungsi : Proses pencampuran resin polipropilen dan pengomposisian penambahan zat aditif.



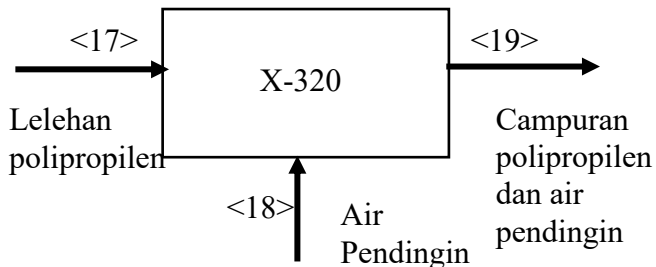
Tabel III.5 Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Masuk		Keluar
	Aliran <15>	Aliran <16>	Aliran <17>
Polipropilen	12592.44		12592.44
H ₂ O	3.00		3.00
Ethanox		12.59	12.59
Luperox		9.44	9.44
Hidrotalcite		12.59	12.59
Total		12630.06	12630.06



6. Pelleter

Fungsi : Proses pembentukan pellet dengan menggunakan bantuan air pendingin untuk mengkristalkan lelehan dari polipropilen dari



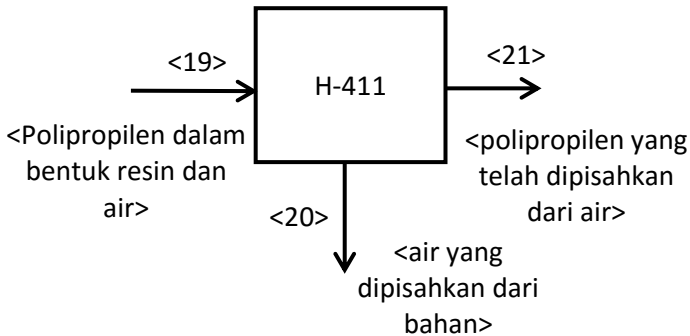
Tabel III.6 Neraca Massa *Pelleter*

Komponen	Masuk		Keluar
	Aliran <17>	Aliran <18>	Aliran <19>
Polipropilen	12592.44		12592.44
H ₂ O	3.00		3.00
Ethanox	12.59		12.59
Luperox	9.44		9.44
Hidrotalcite	12.59		12.59
H ₂ O (Cool)		51970.80	51970.80
Total		64600.86	64600.86



7. *Aglomerate Removal (Centrifuge)*

Fungsi : Memisahkan air pendingin pelletizer dan produk pellet polipropilen

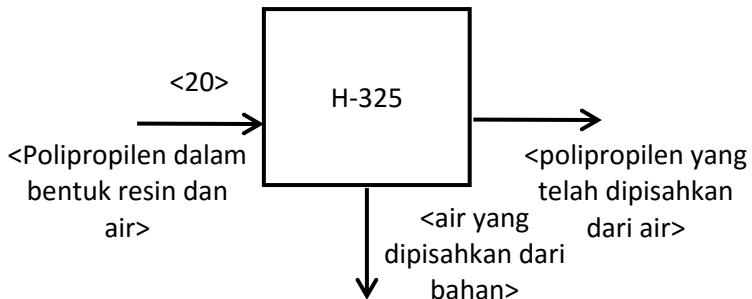


Tabel III.7 Neraca Massa *Aglomerate (Centrifuge)*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran <19>	Aliran <20>	Aliran <21>
Polipropilen	12592.44	125.92	12466.51
H ₂ O	3.00	0.03	2.97
Ethanox	12.59	0.13	12.47
Luperox	9.44	0.09	9.35
Hidrotalcite	12.59	0.13	12.47
H ₂ O (Cool)	51970.80	50889.18	1038.55
Total	64600.86	64600.86	

8. *Screen*

Fungsi : Memisahkan air pendingin pelletizer dan produk pellet polipropilen yang terbawa oleh air dari cenrifuge

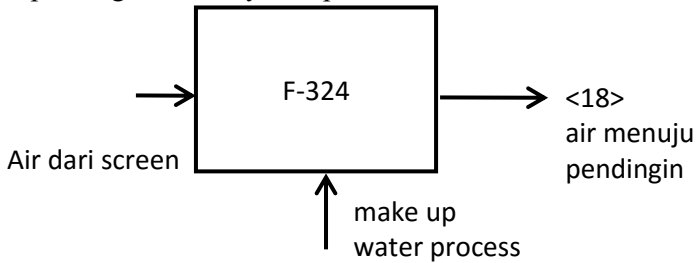
**Tabel III.8** Neraca Massa *Screen*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran <20>	Aliran air terpisahkan	Aliran Produk Off spec
Polipropilen	125.92		125.92
H ₂ O	0.03		0.03
Ethanox	0.13		0.13
Luperox	0.09		0.09
Hidrotalcite	0.13		0.13
H ₂ O (Cool)	50931.38	50931.38	
Total	51057.68	51015.37	



9. PWC

Fungsi : Menambahkan make up water process sebagai pendingin dalam system pelletizer underwater

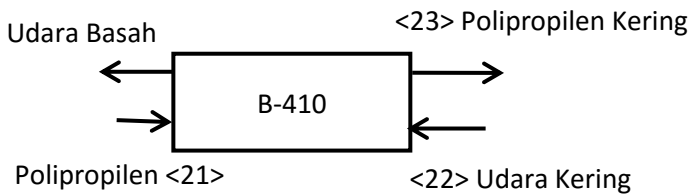


Tabel III.9 Neraca Massa PWC

Komponen	Masuk		Keluar
	Aliran air dari screen	Aliran air make up	Aliran <18>
H ₂ O	50931.35	1039.45	51970.80

10. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan produk polipropilen hingga kadar air mencapai 1% dengan bantuan udara kering



Tabel III.10 Neraca Rotary Dryer

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran <21>	Aliran <22>	Udara basah	Aliran <23>



BAB III Neraca Massa

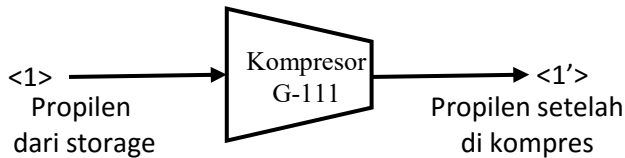
Polipropilen	12466.51		12466.51	
H ₂ O	2.97		2.97	
Luperox	12.47		12.47	
Ethanox	9.35		9.35	
Hydrotalcit	12.47		12.47	
Air	1039.42		125.04	
Udara Kering		83280.39		83280.39
Uap Air		5413.23		6327.60
Total	102236.79		102236.79	

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi Pabrik : 100.000 ton/tahun
 Kapasitas Harian : 303.030 ton/hari
 Kapasitas Perjam : 12.63 ton/jam
 Satuan Operasi : kj/kg

1. Kompresor Propilen

Fungsi : Menaikan tekanan bahan baku propilen dari tekanan 1 atm ke 40 atm.

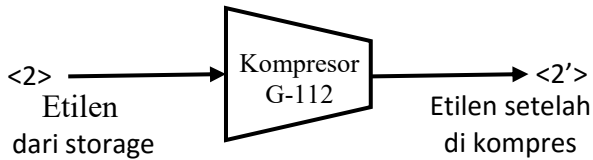


Tabel IV.1 Neraca Panas Kompresor Propilen

Masuk		Keluar	
ΔH_1	= 11711.27	$\Delta H_1'$	= 29987.75
W	= 18276.49		
Total	= 29987.75	Total	= 29987.75

2. Kompresor Etilen

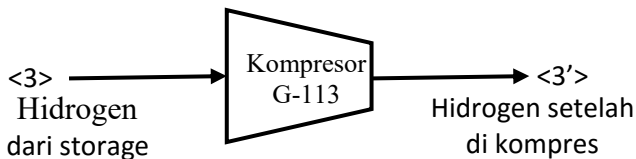
Fungsi : Menaikan tekanan bahan baku etilen dari tekanan 1 atm ke 40 atm.

**Tabel IV.2** Neraca Panas Kompresor Etilen

Masuk		Keluar	
ΔH_3	= 11056.27	$\Delta H_2'$	= 46648.38
W	= 35592.11		
Total	= 46648.38	Total	= 46648.38

3. Kompresor Hidrogen

Fungsi : Menaikan tekanan bahan baku hidrogen dari tekanan 1 atm ke 40 atm.

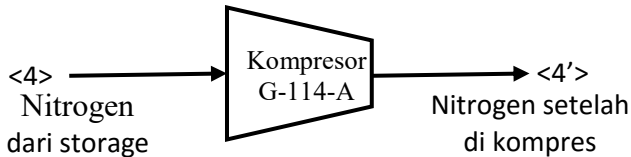
**Tabel IV.3** Neraca Panas Kompresor Hidrogen

Masuk		Keluar	
ΔH_3	= 914.17	H_3'	= 18777.51
W	= 17863.34		
Total	= 18777.51	Total	= 18777.51



4. Kompresor Nitrogen

Fungsi : Menaikan tekanan bahan baku nitrogen dari tekanan 1 atm ke 40 atm.

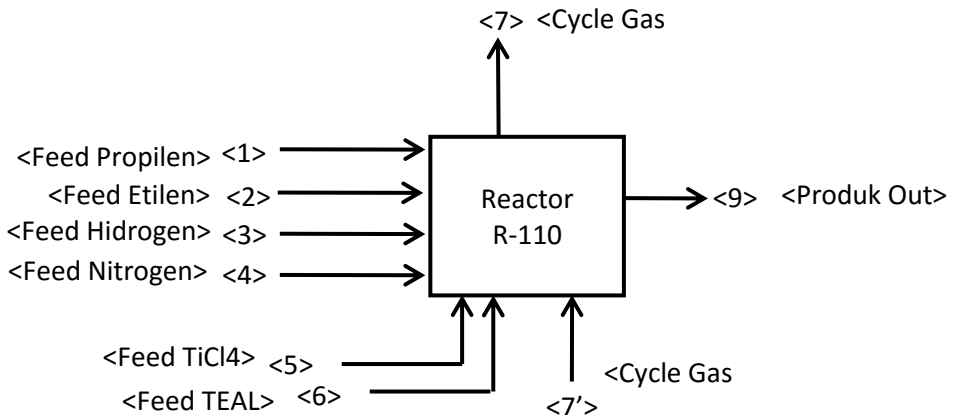


Tabel IV.4 Neraca Panas Kompresor Hidrogen

Masuk		Keluar	
ΔH_4	= 156752.99	$\Delta H_4'$	= 365001.44
W	= 208248.45		
Total	= 365001.44	Total	= 365001.44

5. Fluidized Bed Reactor

Fungsi : Mereaksikan bahan baku propilen, etilen dan hydrogen menjadi polipropilen yang merupakan reaksi pertumbuhan rantai atau polimerisasi adisi.

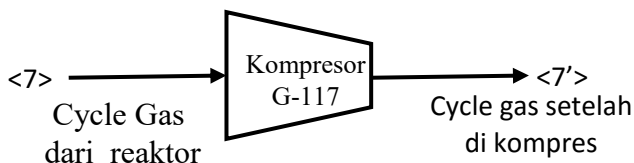


**Tabel IV. 5** Neraca Panas Reaktor

Energi Masuk	Energi Keluar
Aliran 1	Aliran 7'
Propilen = 29987.75	Cycle Gas = 281742.64
Aliran 2	Aliran 9
Etilen = 46648.38	Polipropilen = 848415.35
Aliran 3	Propilen = 66.59
Hidrogen = 18777.51	Etilen = 5.88
Aliran 4	Hidrogen = 20.18
Nitrogen = 365001.44	Nitrogen = 191883.41
Aliran 5	TEAL = 0.05
TiCl ₄ = 0.01	TiCl ₄ = 390.08
Aliran 6	Aliran Pendingin
TEAL = 89.16	H ₂ O = 1564334.86
Aliran 7	H Sublim = 1031810.42
Cycle Gas = 66171.72	H reaksi = -2766259.54
Aliran Pendingin	
H ₂ O = 625733.94	
Total = 1152409.92	Total = 1152409.92

6. Kompresor Cycle Gas

Fungsi : Menaikan tekanan Cycle Gas dari tekanan 30 atm ke 40 atm.

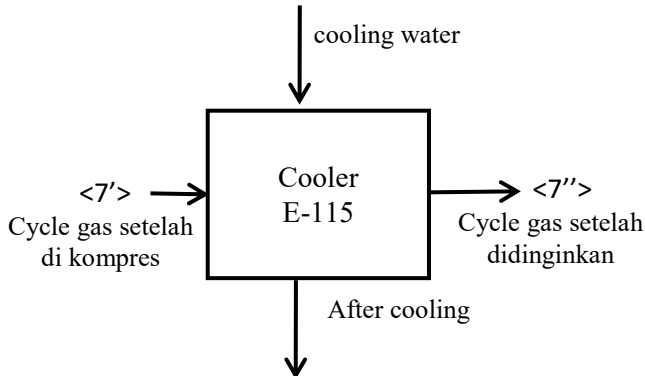


**Tabel IV.6** Neraca Panas Kompresor Cycle Gas

Masuk		Keluar	
ΔH_7	= 281742.64	$\Delta H_7'$	= 364947.28
W	= 83204.64		
Total	= 364947.28	Total	= 364947.28

7. Heat Exchanger (Cooler) Cycle Gas

Fungsi : Menurunkan suhu akibat kompresi dan panas dari reaksi cycle gas hingga 40°C

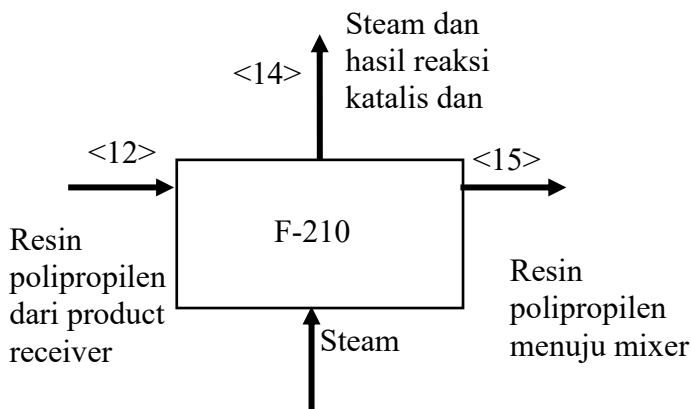
**Tabel IV.7** Neraca Panas Heat Exchanger (Cooler) Cycle Gas

Energi Masuk		Energi Keluar	
Aliran 7'		Aliran 7''	
Cycle Gas	= 364947.28	Cycle Gas	= 66171.72
Cooling		After Cooling	
Air	= 199183.71	Air	= 497959.28
Total	= 564131.00	Total	= 564131.00



8. Product Purge Bin

Fungsi : Menampung produk resin polipropilen untuk dihilangkan katalisnya dengan menggunakan steam (H_2O).



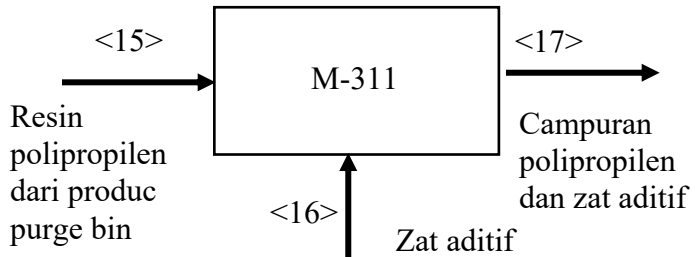
Tabel IV.8 Neraca Panas *Produc Purge Bin*

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran 12		Aliran 14	
Polipropilen	= 848415.35	TiO ₂	= 8.06
TiCl ₄	= 0.05	3C ₂ H ₆	= 701.75
TEAL	= 377.36	Aliran 15	
Steam		HCl	= 17.19
H ₂ O	= 15741.50	Al(OH) ₃	= 412.32
		Polipropilen	= 854609.99
		H Reaksi	= 8784.94
Total	= 864534.25	Total	= 864534.25



9. Mixer

Fungsi : Proses pencampuran resin polipropilen dan pengomposisian penambahan zat aditif.

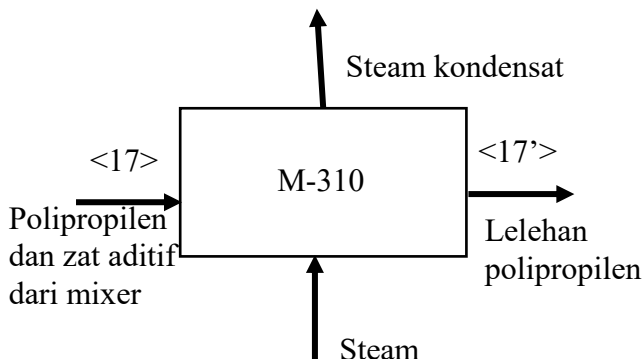


Tabel IV.9 Neraca Panas Mixer

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran 15	843801.55	Aliran 17	844184.03
Aliran 16	382.48		
Total	844184.03	Total	844184.03

10. Long Continous Mixing

Fungsi : Mengkomposisikan zat aditif dan polipropilen serta melelehkan dengan menggunakan bantuan steam.

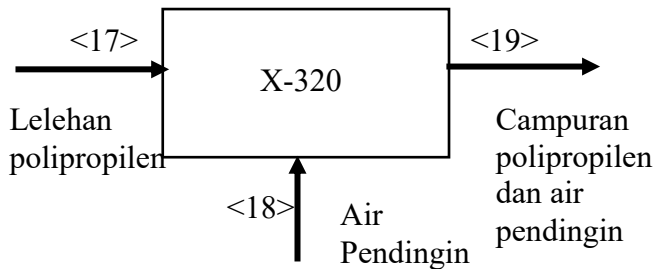


**Tabel IV. 10** Neraca Panas *Long Continuous Mixing*

Masuk			Keluar		
H in	=	844184.03	H Out	=	5644636.79
Qsupply	=	5053108.17	Qloss	=	252655.41
Total	=	5897292.20	Total	=	5897292.20

11. Pelleter

Fungsi : Proses pembentukan pellet dengan menggunakan bantuan air pendingin untuk mengkristalkan lelehan dari polipropilen dari

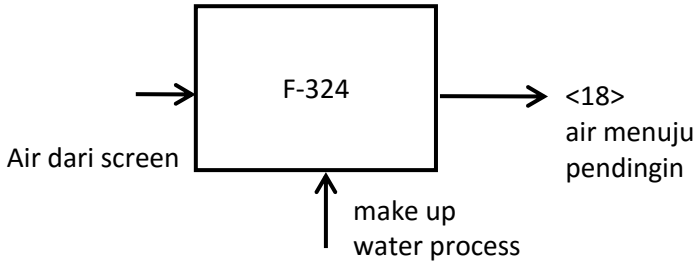
**Tabel IV.11** Neraca Panas *Pelleter*

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran 17	5644636.79	Aliran 19 Polipropilen	3461863.31
Aliran 18	5456933.69	Air	7639707.17
Total	11101570.49	Total	11101570.49



12. PWC

Fungsi : Menambahkan make up water process sebagai pendingin dalam system pelletizer underwater

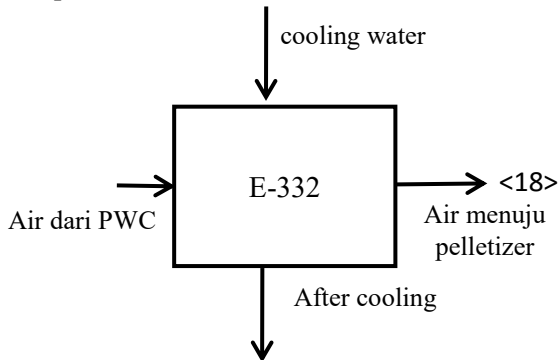


Tabel IV.12 Neraca Panas PWC

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Air dari screen	7486913.03	Air menuju cooler	7521837.40
Air make up	34924.38		
Total	7521837.40	Total	7521837.40

**13. Heat Exchanger (Cooler)**

Fungsi : Menurunkan suhu air umpan sebagai air pendingin dalam sistem pelletizer underwater

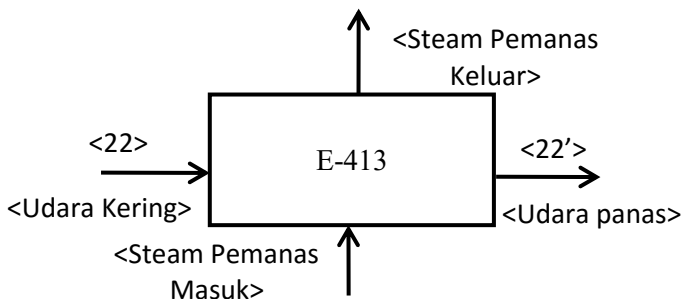


Tabel IV.13 Neraca Panas *Heat Exchanger*

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Air dari PWC	7521837.40	Air ke Pelletizer	3441506.18
Cooling	1376602.47	After Cooling	5456933.69
Total	8898439.88	Total	8898439.88

14. Heat Exchanger

Fungsi : Mememanaskan udara kering sebelum masuk ke rotary dryer

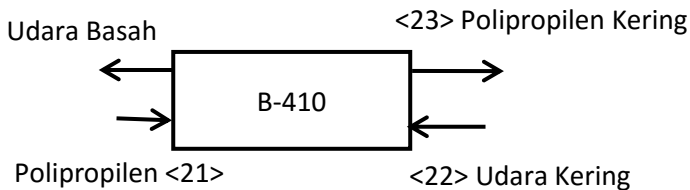


**Tabel IV.14** Neraca Heat Exchanger

Masuk		Keluar	
H in	= 14336022.88	H Out	= 20106466.65
Qsupply	= 6074151.33	Qloss	= 303707.57
Total	= 20410174.22	Total	= 20410174.22

15. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan produk polipropilen hingga kadar air mencapai 1% dengan bantuan udara kering

**Tabel IV.15** Neraca Rotary Dryer

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran solid	993161.9323	Aliran solid	1461094.43
Aliran Udara	20106466.7	Aliran Udara	18583552.72
		Q loss	1054981.429
Total	21099628.58	Total	21099628.58

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. Kompresor (G-111)

Kode Alat	: G-111
Fungsi	: Menaikan tekanan umpan propilen dari 1 atm ke 40 atm untuk masuk kedalam reactor
Jenis	: Centrifugal Compressor
Bahan	: Cast Steel
Jumlah Stage	: 3 Stage
Rasio Kompresi	: 3.42
Tekanan	: Stage 1 : 14.7 psi : Stage 2 : 170.72 psi : Stage 3 : 588 psi
Power	: 60.21 hp
Jumlah	: 1

2. Reaktor (R-110)

Kode Alat	: R-110
Fungsi	: Mereaksikan bahan baku propilen, etilen dan hydrogen menjadi polipropilen yang merupakan reaksi pertumbuhan rantai atau polimerisasi adisi.
Kecepatan fluidisasi	: 0.044 m/s
Kecepatan terminal	: 0.34791 m/s
Kecepatan bubbling	: 0.19910 m/s
Volume	: 31.324 m ³
Diameter shell	: 2.71 m
Diameter tutup atas	: 3.17 m
Diameter tutup bawah	: 2.71 m
Tinggi bidang miring	: 1.085 m
Tebal shell	: 0.083 m



Tebal tutup atas	: 0.023 m
Tebal tutup bawah	: 0.026 m
Space atau tebal jacket	: 0.200 m
Diameter <i>Annulus disc Deflector</i>	: 0.2027 m
Tipe Gas Distributor	: single perforated plate
Bahan yang digunakan	: Carbon Steel
Jenis Pengelasan	: Double Welded but joint
Jumlah	: 1

3. Mixer (M-311)

Kode	: M-311
Fungsi	: Proses pencampuran resin polipropilen dan pengomposisian penambahan zat aditif
Volume	: 182 ft ³
Diameter mixer	: 6 ft
Tinggi mixer	: 7.9 ft
Tebal shell mixer	: 4/16 in
Tebal tutup bawah	: 4/16 in
Kecepatan Pengaduk	: 500 rpm
Power	: 415.3 hp
Jenis Pengaduk	: Helical Ribbon Screw Impeller
Bahan	: SA-283
Jumlah	: 1

4. Long Contionous (M-310)

Kode	: M-310
Fungsi	: Mengkomposisikan zat aditif dan polipropilen serta melelehkan dengan menggunakan bantuan steam.
Diameter Melter	: 12.81 ft
Panjang Melter	: 25.63 ft



Tebal Melter	: 5/16 in
Type Conveyor	: Screw Conveyor
Bahan	: SA-167
Jenis Pengelasan	: Double welded but joint
Kecepatan	: 80 rpm
Hp	: 11.85 hp
Jumlah	: 1

5. Pelletizer (X-320)

Kode	: X-320
Fungsi	: Proses pembentukan pellet dengan menggunakan bantuan air pendingin untuk mengkristalkan lelehan polipropilen dari melter
Diameter extruder	: 8.58 ft
Panjang extruder	: 17.16 ft
Tebal extruder	: 4/16 in
Bahan	: SA-167
Jenis pengelasan	: Double Welded But Joint
Diameter dieplate	: 2.5 mm
Jumlah lubang	: 1046 buah
Jumlah	: 1

6. Aglomerate (Centrifuge) (H-411)

Kode	: H-411
Fungsi	: Memisahkan air pendingin pelletizer dan produk pellet polipropilen
Jenis	: Centrifuge type disk
Rate volume	: 15 m ³ /jam
D Bowl	: 1.37 m
Kecepatan Putar	: 1000 rpm
Waktu tinggal	: 4 s
Power	: 250 hp
Jumlah	: 1

**7. Blower (G-412)**

Kode	: G-412
Fungsi	: Memindahkan udara bebas untuk menuju pemanas sebagai media pengering di rotary dryer
Type	: Centrifugal Blower
Bahan	: Commercial Steel
Rate Vol	: 45424.77 cuft/menit
Effisiensi motor	: 0.85
Power	: 960 hp
Jumlah	: 1

8. Rotary (B-410)

Kode	: B-410
Fungsi	: Mengeringkan produk polipropilen hingga kadar air mencapai 1% dengan bantuan udara kering
Type	: Rotary Drum
Bahan	: SA-515
Pengelasan	: Double Welded But Joint
Kapasitas	: 13543.70 kg/jam
Isolasi	: Rock Isolation
Diameter	: 3.263 m
Panjang	: 12.752 m
Tebal isolasi	: 4 in
Tebal shell	: 5/16 in
Sudut Kemiringan	: 14°
Time of passes	: 4.175 menit
Jumlah Flight	: 20 Buah
Power	: 45.506 hp
Jumlah	: 1

9. Belt Conveyor (J-414)

Kode	: J-414
------	---------



Fungsi	: Transportasi produk dari rotary dryer menuju tangka penyimpanan
Jarak Belt conveyer	: 100 ft
Tinggi Belt	: 5 ft
Kemiringan	: 3.15°
Belt Width	: 14 in
Belt Speed	: 100 ft/menit
Belt Plies	: 3
Power lift	: 0.17 hp
Power linier	: 0.22 hp
Power Tripper	: 2 hp
Power Total	: 2.61 hp

10. Cooler (E-332)

Kode	: E-322
Fungsi	: Menurunkan suhu air umpan air pendingin dalam system pelletizer underwater
Tipe	: Shell and tube 1-2
Shell Side	
ID	: 21,25 in
Baffle space	: 5 in
Passes	: 1
Tube Side	
Number	: 10
Length	: 16 ft
OD, BWG	: 1 in; 13
Pitch	: $1^{1/4}$ in square
Passes	: 2

**11. Heater (E-413)**

Kode : E-413
Fungsi : Memanaskan udara kering sebelum masuk *rotary dryer*
Bahan : Carbon steel SA 212 Grade A
Tipe : shell and tube 1-2

Shell Side

ID : 12 in
Baffle space : 4 in
Passes : 1

Tube Side

Number : 82
Length : 16 ft
OD, BWG : 0.75 in ; 16
Pitch : 1 in square
Passes : 2

BAB VI UTILITAS

Utility yang memiliki arti didalam bahasa inggris adalah keperluan/kebutuhan, didalam proses industri/pabrik *utility* memiliki peran yang sangat vital bagi berjalannya proses produksi guna menunjang/memenuhi agar suatu proses produksi dapat berjalan dengan lancar dengan standar yang telah ditentukan. Pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi menggunakan fase gas teknologi UNIPOL memiliki sarana utilitas sebagai berikut:

1. Air

Kebutuhan air pada pabrik *polipropilen* dipenuhi dari air sungai yang lebih dulu di treatment. Air digunakan untuk menghasilkan steam dari unit boiler, air pendingin, air proses dan untuk keperluan sanitasi.

2. Steam

Steam dihasilkan dari unit boiler dan digunakan untuk proses produksi, yaitu:

- *Heat Exchanger*, sebagai pemanas untuk udara kering.
- *Long Continous mixing*, sebagai pemanas untuk melelehkan polipropilen

3. Bahan bakar

Bahan bakar diperlukan pada proses produksi *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan polimerisasi fase gas menggunakan teknologi UNIPOL pada unit boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar

4. Listrik

Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi dari PT.PLN Persero. Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi.



VI.1 Air

1. Penggunaan Air

Penggunaan air pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi Fae Gas Teknologi UNIPOL terutama untuk air sanitasi, air pendingin, air boiler dan air proses.

a. Untuk air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan minum, masak, cuci, mandi, dan sebagainya. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas yang ditentukan sebagai berikut :

1. Syarat fisik :

- Suhu di bawah suhu udara
- Warna jernih
- Tidak berasa
- Kelarutan = 1 mg SiO_3/lt

2. Syarat kimia :

- pH = 6,5 – 8,5
- Tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- Tidak mengandung zat-zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, Hg

Syarat Biologi :

- Tidak mengandung kuman dan bakteri, terutama bakteri patogen
- Bakteri *Echerichia Coli* kurang dari 1/100 ml.

Menurut Metcalf et. Al (1991) kebutuhan air domestik untuk tiap orang adalah 40-100 liter per hari, untuk keperluan sanitasi diperlukan 0,1 m^3/hari untuk setiap karyawan (diambil 100 liter per hari).

$$\begin{aligned}\text{Untuk 500 Orang karyawan} &= 50 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,08 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Asumsi kabutuhan air sanitasi pada laboratorium dan taman pabrik sekitar 20% dari kebutuhan air sanitasi karyawan.

$$\text{Maka} \quad = 0,2 \times 2,08 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,416 \text{ m}^3/\text{jam}$$



$$\begin{aligned}\text{Sehingga kebutuhan air sanitasi keseluruhan} &= 2,08 + 0,416 \\ &= 2,496 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

b. Untuk air pendingin

Sebagian besar air digunakan sebagai air pendingin karena dipengaruhi oleh faktor- faktor sebagai berikut :

1. Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
2. Mudah diatur dan dijernihkan
3. Dapat menyerap jumlah panas yang besar per satuan volume
4. Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahan temperatur dingin
5. Tidak terdekomposisi

Syarat air pendingin tidak boleh mengandung :

1. Hardness
Memberikan kecenderungan membentuk kerak pada alat-alat proses.
2. Besi
Menyebabkan korosi pada alat.
3. Silika
Menyebabkan pembentukan kerak.
4. Minyak
Menyebabkan terganggunya film corossion pada inhibitor, menurunkan heat transfer dan memicu pertumbuhan mikroorganisme.

Mengingat kebutuhan air pendingin cukup besar, maka perlu digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air yang diambil dari sungai dengan memakai cooling water.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi fase gas teknologi UNIPOL sebagai berikut :

Tabel VI.1 Kebutuhan Air Pendingin



No	Nama Alat	Massa	Satuan
1	Reaktor (R-110)	16016,879	kg/jam
2	Cycle Gas Cooler (E-115)	5929,18	kg/jam
3	PWC Cooler (E-143)	40936,36	kg/jam
TOTAL		62882,419	kg/jam

Densitas air pada suhu 30°C = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 2003)

Kebutuhan air pendingin = 62882,419 kg/jam

995,68

= 63,15 m³/jam

Kebutuhan air make up == 20% x kebutuhan air pendingin

= 20% x 63,15

= 12,63 m³/jam

c. Untuk air proses

Air proses adalah air yang dipakai sebagai bahan baku dan bahan pembantu proses. Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk air proses adalah :

1. Alkalinitas
2. Kekeruhan
3. Warna
4. Air yang digunakan tidak mengandung Fe dan Mn

Kebutuhan air proses pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses *propilen* dan *etilen oxidation* sebagai berikut :

Tabel VI.2 Kebutuhan Air proses

No	Nama Alat	Volume	Satuan
1	Pelettizer (X-320)	51927,73	Kg/jam
2	Screener (H-216)	100	Kg/jam
3	PWC (F-324)	1038,58	Kg/jam

Densitas air pada suhu 30°C = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 2003)

Kebutuhan air proses = 53066,31 kg/jam

995,68

= 53.3 m³/jam

d. Untuk air umpan boiler



Air umpan boiler adalah air yang akan menjadi fase uap di dalam boiler, dimana telah mengalami perlakuan khusus antara lain penjernihan dan pelunakan, walaupun air terlihat bening atau jernih, namun pada umumnya masih mengandung larutan garamdan asam yang dapat merusak peralatan boiler. Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. pH = 8,5 – 9,5
2. Hardness = 1 ppm sebagai CaCO_3
3. O_2 terlarut = 0,02 ppm
4. CO_2 terlarut = 25 ppm
5. Fe^{3+} = 0,05 ppm
6. Ca^{2+} = 0,01 ppm
7. SiO_2 = 0,1 ppm
8. Cl_2 = 4,2 ppm

Setelah dari unit pengolahan, air ini digunakan sebagai air umpan boiler, yang terlebih dahulu dilakukan pelunakan air. Tujuannya adalah untuk menghilangkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang dapat menyebabkan pembentukan kerak. Kerak akan menghalangi proses perpindahan panas sehingga menyebabkan over-heating yang memusat dan dapat menyebabkan pecahnya pipa.

Kebutuhan air umpan boiler pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses *propilen* dan *etilen oxidation* sebagai berikut :

Tabel VI.3 Kebutuhan Air Umpan Boiler

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Long continous mix (M-310)	2602,98
2	Heater udara kering (E-413)	3380,451
	Total	5983,431

Kebutuhan air make up = 20% x kebutuhan air umpan boiler



$$\begin{aligned} &= 20\% \times 5983,431 \\ &= 1196,67 \text{ kg/jam} \\ \text{Densitas air pada suhu } 30^{\circ}\text{C} &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \\ &\quad (\text{Geankoplis, 2003}) \\ \text{Kebutuhan air umpan boiler} &= \frac{1196,67 \text{ kg/jam}}{995,68} \\ &= 1,21 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jumlah kebutuhan air (dengan resirkulasi) adalah

- Air sanitasi	= 0,416
- Air boiler	= 1,21
- Air pendingin	= 12,63
- Air proses	= 53,3
Total	= 67,556 m ³ /jam

2. Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik Polipropilen

a. Penyaringan dan Pemisahan

Tahap ini menggunakan *strainer* yang berfungsi untuk menyaring kotoran dari air sungai yang berukuran besar. Kemudian di pompa masuk ke dalam *skimming tank* untuk memisahkan air dengan minyak yang ikut terhisap dan kotoran yang larut dalam air dan mengendap (*slurry*).

b. Koagulasi dan Flokulasi

Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan suspensi partikel koloid yang tidak terendapkan karena ukurannya sangat kecil dan muatan listrik pada permukaan partikel yang menimbulkan gaya tolak menolak antara partikel koloid. Untuk mengatasi masalah tersebut air dialirkan menuju tangki koagulasi dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan koagulan berupa tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang dapat memecahkan kestabilan yang ditimbulkan oleh muatan listrik tersebut. Hasil dari proses koagulasi didapatkan air dengan suasana asam. Untuk kebutuhan tawas yang digunakan adalah dengan dosis 50 ppm/l air yang akan diolah menjadi air bersih. Kemudian, air dari tangki koagulasi dialirkan secara *over flow* kedalam tangki



flokulasi dengan pengadukan lambat serta dengan menambahkan basa yaitu Ca(OH)_2 sehingga pH dapat dinetralkan. Partikel-partikel koloid yang tidak stabil akan saling berkaitan sehingga terbentuk flok dengan ukuran besar dan mudah terendapkan. Setelah itu, air dari tangki flokulasi dialirkan secara *overflow* ke dalam *centerfeed clarifier*.

c. Pengendapan

Pengendapan dilakukan secara gravitasi dengan memakai *centerfeed clarifier* untuk mengendapkan flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi pada proses sebelumnya. Faktor yang mempengaruhi proses ini antara lain adalah laju alir dan waktu tinggal. Air yang bersih masuk ke dalam *filter* sedangkan lumpur atau flok-flok yang terbentuk masuk ke dalam bak tangki *slurry*.

d. Filtrasi

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan *sand filter* yang digunakan untuk menyaring padatan tersuspensi. Makin banyak partikel padatan tertahan di *filter*, *pressure drop* akan semakin besar. Hal ini menyebabkan naiknya level air. Pada batas tertentu *filter* perlu dibersihkan agar operasi berlangsung normal.

Pembersihan *filter* dilakukan dengan *backwash*. *Filter* ini berisi pasir silika dengan penempatan ukuran yang berbeda-beda tiap lapisannya. Untuk ukuran 0,2-0,6 mesh diposisikan di lapisan atas, kemudian dilanjutkan dengan ukuran 2-3 mesh dan lapisan paling bawah ukuran sekitar 3-5 mesh.

Keluar dari *sand filter* air tersebut sudah sesuai spesifikasi. Air dari tahap ini disimpan dalam tangki penampung air bersih yang akan dialirkan menggunakan pompa ke tiga unit, yaitu unit demineralisasi, unit air pendingin, dan unit air sanitasi.

g. Demineralizing Plant

Tugas unit demineralisasi adalah :

Mengolah air hasil penyaringan *sand filter* menjadi *demineralizing water* (air demin) yaitu air yang bebas mineral

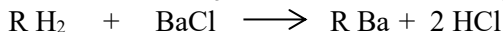
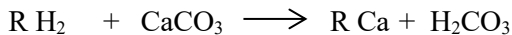
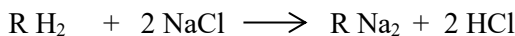


penyebab pengerakan dalam *boiler*. Mineral yang dimaksudkan adalah mineral seperti ion positif (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) dan ion negatif (Cl^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} dan lain-lain) yang dapat merusak alat dan mengganggu proses.

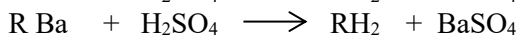
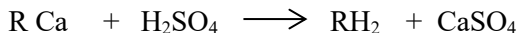
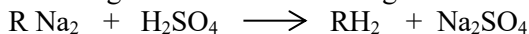
Proses pada *demineralizing plant* :

- **Kation Exchanger :**

Air kemudian dimasukan dari atas kedalam kation *exchanger*. Didalam kation *exchanger*, garam-garam Na , Ca , Mg , Ba diikat oleh resin kation dengan reaksi sebagai berikut:

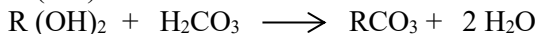
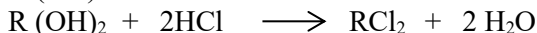
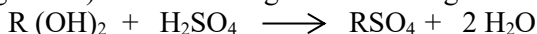


Daya tangkap ion tergantung dari kemampuan resin yang digunakan yaitu kemampuan menyerap $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+}$. Pada kondisi tertentu resin kation tersebut jenuh dan perlu diregenerasi dengan larutan H_2SO_4 sebagai berikut :

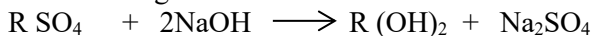


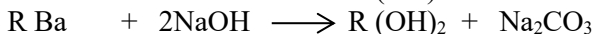
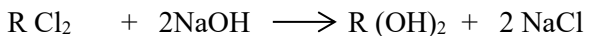
- **Anion Exchanger :**

Dari bagian bawah kation *exchanger*, air kemudian dipompa masuk ke anion *exchanger*. Didalam anion *exchanger* berisi resin anion yang berfungsi mengikat (mengabsorb) sisa asam dengan reaksi sebagai berikut :



Sama halnya dengan kation *exchanger*, pada kondisi tertentu anion *exchanger* akan jenuh dengan indikasi adalah kadar silika lebih dari 0,1 ppm, pH air yang keluar turun, serta konduktivitas turun drastis. Anion yang sudah jenuh perlu diregenerasi dengan larutan *Caustic Soda* (NaOH) 4% dengan reaksi sebagai berikut :





h. Deaerator dan Proses Boiler

Air demin dipompa ke Deaerator, untuk menghilangkan kandungan oksigen dengan cara *stripping* menggunakan *steam* dan penginjeksi *chemical hydrazine* ke dalam deaerator. Selanjutnya dipompa masuk ke dalam drum atas *Boiler*. Air didalam *tube boiler* (tipe pipa air) dipanasi, sehingga terbentuklah *steam*/uap. Uap yang terbentuk kemudian didistribusikan ke tangki penampung *steam* dan digunakan sesuai kebutuhan pabrik.

IV.2 Steam

Steam merupakan salah satu utilitas industri yang sangat penting. Pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi fase gas teknologi UNIPOL steam digunakan pada kolom distilasi. Kebutuhan steam pada *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi fase gas teknologi UNIPOL adalah sebagai berikut:

Tabel VI.3 Kebutuhan Steam

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Long continous mix (M-310)	2602,98
2	Heater udara kering (E-413)	3380,451
	Total	5983,431

VI.3 Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik *polipropilen* dari *propilen* dan *etilen* dengan proses polimerisasi fase gas teknologi UNIPOL adalah bahan bakar solar. Penggunaan bahan bakar solar pada pabrik ini adalah pada sebagai bahan bakar boiler.



VI.4 Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disupply oleh jaringan PT.PLN Persero dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan atau halaman sekitar pabrik yang memerlukan penerangan.

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan salah satu syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam suatu perusahaan sebagai suatu usaha control kondisi kerja untuk mengurangi, mencegah dan menghilangkan peluang terjadinya kerugian yang diakibatkan adanya kelalaian dalam bekerja sehingga dapat mengganggu kesehatan dan menyebabkan kecelakaan kerja bagi diri sendiri maupun orang lain, menyebabkan cacat hingga menyebabkan kematian, menimbulkan kerusakan-kerusakan pada peralatan kerja, serta menimbulkan bahaya lingkungan akibat dari proses produksi suatu perusahaan, dimana hal tersebut dapat mengurangi produktivitas pekerja dan perusahaan. Sebagaimana dalam Undang-Undang No.13 Tahun 2013 disebutkan bahwa:

1. Setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas:
 - a. Keselamatan dan kesehatan kerja
 - b. Moral dan kesusilaan; dan
 - c. Perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama.
2. Untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja.

Menurut Undang-Undang No.40 tahun 2004, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam hubungan kerja, termasuk kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan dari rumah menuju tempat kerja atau sebaliknya, dan penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja. Adapun kecelakaan dibagi menjadi 4 macam , antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.



3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

Menurut Peraturan Pemerintah No.50 tahun 2012, tujuan dari adanya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) antara lain:

1. Meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur, dan terintegrasi.
2. Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh.
3. menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman, dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Kebijakan keselamatan kerja dimaksudkan untuk memperhatikan dan menjamin implementasi peraturan keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan, dimana kebijakan-kebijakan K3 sebagai berikut:

- Peningkatan berkelanjutan
- Sesuai peraturan dan perundangan keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku di tempat kerja
- Mengkomunikasikan kepada seluruh tenaga kerja agar sadar dan mawas mengenai kewajiban keselamatan dan kesehatan pribadi
- Evaluasi berkala

VII.1 Sebab- Sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja

Secara umum, terjadinya kecelakaan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Kecelakaan terjadi akibat dari:

- Kesalahan perencanaan.
- Rusaknya peralatan.



- Kesalahan pada waktu pembelian.
 - Terjadinya ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
 - Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.
 - Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, lambat, bising dan salah penerangan.
2. Manusia
- Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) dapat terjadi akibat beberapa hal, yang antara lain adalah sebagai berikut :
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan
 - Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
3. Sistem Manajemen
- Kecelakaan yang disebabkan karena sistem manajemen, dapat terjadi akibat beberapa hal di bawah ini, yaitu:
- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja.
 - Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
 - Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.
 - Kurangnya penerapan prosedur yang baik.
 - Tidak adanya inspeksi peralatan.

VII.2 Hal – hal yang harus diperhatikan

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa , petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut



menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

2. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

3. Alat – alat bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah.

4. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Cooler, Heater dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan factor keselamatan harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), factor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peran penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat-alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruang tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat-aay control yang sesuai.

5. Sistem perpipaan

Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa – pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa



sabot atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan – U (U – bed), tee, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindari peledakan yang diakibatkan oleh pemuaian pipa.

6. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekring) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

7. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing , juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda-tanda bahaya atau larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan pada tiap-tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dendandemikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu-waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII.3 Penggunaan Alat pelindung diri (APD)

Menurut Permenaker Nomor PER.08/MEN/VII/2010 untuk mengurangi akibat kecelakaan kerja, maka setiap perusahaan harus menyediakan alat perlindungan diri (APD) yang harus disesuaikan dengan jenis perusahaannya masing-masing.

Alat pelindung diri (APD) bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, namun hanya merupakan salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara



bahaya dan tenaga kerja yang sesuai dengan standar kerja yang diijinkan. Syarat – syarat Alat Pelindung Diri adalah:

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan – gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

Fungsi dan jenis alat pelindung diri (APD) adalah sebagai berikut:

1. Alat Pelindung Kepala

- Fungsi

Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia, jasad renik (mikro organisme) dan suhu yang ekstrim.

- Jenis

Jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (*safety helmet*), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut, dan lain-lain.



Gambar VII.1 Alat Pelindung Kepala



2. Alat Pelindung Mata dan Muka

- Fungsi

Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas, atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik yang mengion maupun yang tidak mengion, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam.

- Jenis

Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman (*spectacles*), goggles, tameng muka (*face shield*), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (*full face masker*).



Gambar VII.2 Alat Pelindung Mata dan Muka

3. Alat Pelindung Telinga

- Fungsi

Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan.

- Jenis



Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman (*spectacles*), goggles, tameng muka (*face shield*), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (*full face masker*).



Gambar VII.3 Alat Pelindung Telinga

4. Alat Pelindung Pernapasan beserta Perlengkapannya

- Fungsi

Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikro-organisme, partikel yang berupa debu, kabut (*aerosol*), uap, asap, gas/ fume, dan sebagainya.

- Jenis

Jenis alat pelindung pernapasan dan perlengkapannya terdiri dari masker, respirator, katrit, kanister, *Re-breather*, *Airline respirator*, *Continues Air Supply Machine*=*Air Hose Mask Respirator*, tangki selam dan regulator (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus /SCUBA*), *Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*, dan *emergency breathing apparatus*.



Gambar VII.4 Alat Pelindung Pernapasan

5. Alat Pelindung Tangan

- Fungsi
Pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari paparan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus, bakteri) dan jasad renik.
- Jenis
Jenis pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kain kanvas, kain atau kain berlapis, karet, dan sarung tangan yang tahan bahan kimia.



Gambar VII.5 Alat Pelindung Tangan



6. Alat Pelindung Kaki

- Fungsi

Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia berbahaya dan jasad renik, tergelincir.

- Jenis

Jenis Pelindung kaki berupa sepatu keselamatan pada pekerjaan peleburan, pengecoran logam, industri, konstruksi bangunan, pekerjaan yang berpotensi bahaya peledakan, bahaya listrik, tempat kerja yang basah atau licin, bahan kimia dan jasad renik, dan/atau bahaya binatang dan lain-lain.

7. Pakaian Pelindung

- Fungsi

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pajanan api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan tergores, radiasi, binatang, mikro-organisme patogen dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur.

- Jenis

Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (*Vests*), celemek (*Apron/Coveralls*), Jacket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan.



Gambar VII.7 Pakaian Pelindung

8. Alat Pelindung Jatuh Perorangan

- Fungsi
Alat pelindung jatuh perorangan berfungsi membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar.
- Jenis
Jenis alat pelindung jatuh perorangan terdiri dari sabuk pengaman tubuh (*harness*), karabiner, tali koneksi (*lanyard*), tali pengaman (*safety rope*), alat penjepit tali (*rope clamp*), alat penurun (*decender*), alat penahan jatuh bergerak (*mobile fall arrester*), dan lain-lain.



VII.3.1 Instalasi Pemadam Kebakaran

Instalasi semacam ini mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat – tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

1. Instalasi tetap : hidran, sprinkel, dry chemical power
2. Instalasi tidak tetap : fire extinguisher

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa – bawa, diletakkan ditempat – tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya : dekat reaktor, boiler, diruang operasi (Operasi Unit), atau power station. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.

Upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran di pabrik ini adalah :

1. Peralatan seperti boiler atau peralatan lain yang mudah terbakar (meledak) diletakkan dibagian bawah serta dijauhkan dari peralatan lain
2. Antara unit satu dengan unit yang lainnya diberi jarak yang cukup, tidak terlalu berdekatan untuk menghambat laju api dan memberi ruang yang cukup bagi usaha pemadaman bila sewaktu – waktu terjadi kebakaran.
3. Bangunan – bangunan seperti : workshop (bengkel perbaikan), laboratorium quality control, serta kantor administrasi diletakkan terpisah dari operating unit dan power station
4. Memberlakukan larangan merokok di lokasi pabrik
5. Memberlakukan larangan membersihkan peralatan dengan menggunakan bensin atau solar
6. Menempatkan instalasi pemadam kebakaran tetap berupa hidran, dry chemical dan foam extinguisher di tempat –



tempat yang rawan bahaya kebakaran serta memiliki satu unit kendaraan pemadam kebakaran beserta anggota yang terlatih dan terampil

Menyediakan tabung – tabung pemadam api disetiap ruangan

VII.4 Keselamatan Karyawan di area Pabrik *Polypropilen*

1. Pada daerah tangki penyimpanan, perpipaan, dan perpompaan.

Pada kawasan ini pekerja/ karyawan diwajibkan menggunakan:

a. Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda–benda berat, terpercik aliran panas dan terlindung dari kebocoran tangki.

b. Alat pelindung kepala :

Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

c. Alat pelindung mata :

Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, dan melindungi mata jika terjadi kebocoran pada tangki yang akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

d. Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik), serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda–benda panas)

e. Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada tangki penampung yang mempunyai suhu lebih besar dari 100°C dan aliran panas.



2. Pada daerah *reboiler*

Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

a. Alat pelindung mata :

Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

b. Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).

c. Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya pipa HE atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

d. Alat pelindung kepala :

Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

e. Alat pelindung telinga :

Ear plug (dapat menahan suara sampai 39dB) dan *ear muff* (sampai 41 dB), atau gabungan keduanya. Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang ber rpm tinggi.

f. Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaian yang mempunyai suhu lebih besar dari 100°C terutama pada daerah heater dan reboiler



selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.

3. Pada daerah Reaktor, absorber:

Pada kawasan ini sama karyawan diwajibkan menggunakan :

a. Alat pelindung mata :

Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

b. Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).

c. Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

d. Alat pelindung kepala :

Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

e. Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan / reaktor yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 OC selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.



VII.5 Keselamatan Pada Alat-alat Pabrik

a. Pada Tangki Penampung

Pada tangki penampung, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang meliputi:

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

b. Pada Pompa dan sistem perpipaan

Kemungkinan korosi yang terjadi pada pompa dan pipa adalah korosi uniform, korosi *caustic embrittlement*, dan korosi erosi yang disebabkan oleh aliran. Korosi Erosi dapat ditemukan pada sistem perpipaan (terutama pada *bend*, *elbow* dan *joint*), *valve*, pompa, *heat exchangers*,. Sedangkan korosi *caustic embrittlement* terjadi jika berada pada tekanan tinggi dan lingkungan kimia yang banyak mengandung basa. Untuk mencegah adanya korosi tersebut, pada pompa digunakan logam yang lebih keras yang tahan terhadap korosi serta pengecekan secara berkala (setiap minggu) oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

c. Pada Boiler

Pada area *boiler* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

d. Pada area pabrik secara umum atau keseluruhan :

1. Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misal : kebakaran).
2. Disediakan *hydrant* disetiap plant (unit) untuk menanggulangi pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran.
3. Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat. Disediakan pintu



dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi kejadian darurat.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VIII

INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN PROSES

VIII.1 Pendahuluan

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan (*Ulrich, 1984*).

Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya.

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik adalah sebagai berikut

1. Untuk menjaga suatu proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara :
 - a. Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara interlock otomatis jika kondisi kritis muncul.
 - b. Menjaga variabel-variabel proses berada pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja.
4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam stamdart yang telah ditetapkan.
5. Memperoleh hasil kerja yang efisien.



6. Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan instrumentasi adalah :

1. Ketelitian yang dibutuhkan
2. Mudah pengoperasiannya
3. Mudah diganti jika rusak
4. Level instrumentasi
5. Range yang diperlukan dalam pengukuran
6. Biaya ekonomis

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas:

a. Penunjuk (*indicator*)

Indicator adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya keperalatan lain misal *recorder*, *indicator* atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

Recorder (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyuy atau secara periodik. Biasanya hasil pencatatan *recorder* ini terlukis dalam bentuk kurva diatas kertas.

d. Pengatur (*Controller*)

Controller adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)



Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.

VIII.2 Metode dan Jenis Instrumentasi

Metode pengontrolan yang sering digunakan dalam pabrik industri kimia dapat dilakukan dengan berbagai cara, yang antara lain adalah sebagai berikut :

a. Secara manual

Alat ukur ini dikontrol oleh manusia, hanya berdasarkan pada pengamatan saja. Cara ini kurang baik karena ketelitian dari manusia yang terbatas

b. Secara otomatis

Alat pengontrol secara otomatis ini ada bermacam-macam cara pengontrolannya, antara lain :

- Sistem on-off control
- Sistem proportional
- Sistem proportional integral
- Sistem proportional integral derivative

Alat-alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri adalah :

1. Pengatur suhu :

a. *Temperature Indicator* (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis temperatur indikator antara lain : termometer , termokopel

b. *Temperatur Controller* (TC)

Fungsi : mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

2. Pengaturan Tekanan (*pressure*)

a. *Pressure Indicator* (PI)



Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *pressure* indikator antara lain : *pressure gauge*

b. *Pressure Controller* (PC)

Fungsi : mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

3. Pengatur aliran (*flow*)

a. *Flow Controller* (FC)

Fungsi : Menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *Control valve*.

4. Pengaturan tinggi permukaan (“level”) :

a. *Level indicator* (LI)

Fungsi : menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan.

b. *Level Indicator Control* (LIC)

Sebagai alat penunjukkan untuk mengetahui ketinggian operasi dan untuk mengendalikan atau mengatur level operasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

VIII.3 Instrumentasi dalam Pabrik Polipropilen

Berikut ini macam-macam instrumentasi yang digunakan di pabrik gas hidrogen.

Tabel VIII.1 Sistem control di pabrik phenol

No	Nama Alat	Kode Alat	Instrumentasi
1	Reaktor	R-110	TIC, PIC, LC dan FC
2	Cooler Cycle Gas	E-118	TIC dan FC
3	PDS	F-211	PIC, LC dan FC
4	Long Continous Mix	M-310	TIC dan FC
5	Cooling PWC	E-322	TIC dan FC
6	PWC	F-324	LC dan FC
7	Heater Ud Kering	D-320	FC, TC, dan LC



Kegunaan sistem control yang digunakan dalam Pabrik *phenol* dari *cumene* dengan proses *cumene oxidation* sebagai berikut :

a. Level control.

Berfungsi untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas maksimum yang diijinkan. Secara umum digunakan dalam suatu alat berupa kolom. Level control dihubungkan dengan control valve pada aliran masuk dan keluaran alat tersebut.

b. Pressure control.

Berfungsi untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

c. Flow control.

Untuk mengendalikan debit aliran dari suatu bahan yang masuk ke suatu proses atau alat. Secara umum digunakan dalam suatu alat berupa tangki penyimpanan.

d. Temperature control.

Untuk mengendalikan dan mengetahui kondisi operasi berdasarkan temperature yang diinginkan.

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Menurut Undang-undang pemerintah Republik Indonesia nomor 32 tahun 2009 menjelaskan bahwa Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah bahan berbahaya dan beracun, yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan. Kewajiban untuk melakukan pengelolaan B3 merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kemungkinan risiko terhadap lingkungan hidup yang berupa terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup, mengingat B3 mempunyai potensi yang cukup besar untuk menimbulkan dampak negatif.

Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan. Pada industri kimia umumnya menghasilkan 3 jenis limbah yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.

Pabrik polipropilen dari propilen dan etilen dengan polimerisasi fase gas teknologi UNIPOL ini menghasilkan 3 jenis



limbah, antara lain:

1. Limbah Padat

Limbah padat dihasilkan berupa limbah polimer yaitu *trash* (pellet berukuran lebih kecil), bongkahan (gumpalan polimer polipropilen yang telah dilelehkan dan bentuknya tidak beraturan), *sweeping* (pellet yang berceceran di lantai dan bercampur debu) dan *dust* (resin yang berasal dari ekstruder dan *pelleting*).

2. Limbah cair

Limbah cair pada pabrik ini dihasilkan dari air buangan akhir proses, air proses dari pengolahan limbah gas, *blowdown boiler*, *oil*, minyak pelumas bekas. Air buangan proses ini mengandung senyawa garam (Na_2SO_4 dan natrium fenolat).

3. Limbah gas

Limbah gas yang berasal dari *product receiver* dan *product purge bin* menghasilkan gas-gas buangan berupa TiO_2 , propilen, etilen, hidrogen, C_2H_6 , dan nitrogen.

Dari limbah tersebut, akan menimbulkan jumlah BOD dan COD meningkat serta terdapat beberapa limbah yang termasuk ke dalam golongan limbah B3 sehingga berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan, oleh karena itu perlu pengolahan terlebih dahulu untuk mengatasi limbah tersebut.

Proses pengolahan limbah pada pabrik Polipropilen adalah sebagai berikut :

a. Proses pengolahan limbah padat

Limbah padat yang dihasilkan proses dapat berupa polimer dan non polimer. Limbah polimer berupa *trash* (pellet berukuran lebih kecil), bongkahan (gumpalan polimer polipropilen yang telah dilelehkan dan bentuknya tidak beraturan), *sweeping* (pellet yang berceceran di lantai dan bercampur debu) dan *dust* (resin yang berasal dari ekstruder dan *pelleting*). Limbah padat ini disimpan menurut jenisnya kemudian dijual sebagai *off product*. Limbah padat ini dapat



terbawa oleh aliran air. Untuk mencegah padatan tersebut hanyut ke laut, maka dipasang *solid water separation* dan saringan air. Hasil saringan ini dijual sebagai *off product*. Limbah padat non-polimer berupa kertas, *plastic bag*, *drum cartoon*, drum bekas katalis, pellet bekas aditif dan kardus bekas aditif. Karton dan bungkus plastik bekas aditif tidak berbahaya dikumpulkan dan dijual. Bungkus plastik yang bisa didaur ulang dilakukan pendaaur-ulangan dan sebagian digunakan untuk tempat sampah di lokasi pabrik. Drum bekas TEAL dikembalikan lagi ke industri pembuatnya untuk dipakai lagi.

Drum bekas katalis bisa dicuci dan dipakai untuk keperluan lainnya seperti untuk pelumas atau minyak mineral tanpa menimbulkan bahaya pencemaran dan ledakan. Dari bagian *maintenance*, scrap besi dan oil drum dibersihkan dan dikelompokkan untuk kemudian dijual. Limbah dari bagian utilitas berupa drum plastik yang kemudian dibersihkan dan dijual.

Limbah dari laboratorium berupa drum, kaleng bekas bekas sampel dibersihkan dan dibungkus menurut jenisnya dan kemudian dibuang ke tempat pembuangan akhir. Botol gelas bekas wadah bahan-bahan kimia sebagian digunakan kembali dan sebagian dipecahkan untuk selanjutnya dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Limbah padat dari perkantoran berupa sampah rumah tangga. Limbah ini dibuang sementara dalam sebuah bak sampah di dekat *maintenance shop* dan kemudian dibuang ke tempat pembuangan akhir di luar pabrik.

**b. Proses pengolahan limbah gas dan penanggulangan kebisingan**

Limbah gas yang berasal dari *product receiver* dan *product purge bin* menghasilkan gas-gas buangan berupa TiO_2 , propilen, etilen, hidrogen, C_2H_6 , dan nitrogen. Gas buangan berupa TiO_2 , propilen dan etilen di absorpsi melalui absorber dan gas buangan berupa C_2H_6 , hidrogen dan nitrogen dibakar melalui *flare*.

Limbah lainnya berupa debu yang berasal dari daerah proses berupa butiran polipropilen dan serbuk bahan aditif. Limbah ini ditanggulangi dengan memasang *dust collector* pada sumber pencemaran. Untuk menghindari gangguan pernapasan dan penglihatan maka karyawan yang memasuki daerah proses diwajibkan memakai penutup hidung dan mulut (masker) serta kacamata keselamatan (*safety glasses*).

Gas hasil bakaran dari *flare*, gas oksida karbon dan gas oksida belerang yang dihasilkan dari pembakaran solar di *boiler* dan genset telah memenuhi standart baku mutu sehingga tidak perlu diolah.

Kebisingan terjadi karena adanya gerakan motor pompa, boiler, kompresor, mesin produksi dan pembakar pada *flare*. Untuk menghindari gangguan pendengaran maka dipasang peredam suara pada sumbernya dan karyawan yang memasuki daerah kebisingan lebih dari 85 dB diwajibkan memakai sumbat telinga (*ear plug*).

c. Proses pengolahan limbah cair**➤ Limbah cair****1. Netralisasi**

Netralisasi digunakan untuk mengolah air buangan akhir proses, air proses dari pengolahan limbah gas dimana air tersebut mengandung senyawa zat organik serta bersifat asam. Pengolahan secara netralisasi dilakukan secara berikut pH dari limbah diukur dengan menggunakan *converter*. Jika pH



berada pada rentang 6-9 maka dilanjutkan pada pengujian kandungan BOD dan COD. Jika pH diluar rentang tersebut maka pH dilakukan injeksi bahan kimia. Jika $\text{pH} < 6$, maka diinjeksi NaOH.

2. Aerasi

Setelah proses netralisasi, untuk mengurangi kadar COD dan BOD yang terdapat pada air limbah yaitu dengan cara aerob. Proses pertama yang dilakukan adalah menambahkan susu kapur hingga pH diatas 7 agar suasana air menjadi basa, sehingga kotoran yang ada dapat mudah mengendap. Selain itu, penambahan susu kapur tersebut juga dimaksudkan untuk mengurangi bau pada air limbah. Kemudian mengondisikan air limbah tersebut pada suhu dibawah 40°C . Setelah itu, air masuk ke dalam kolam equilisasi untuk memisahkan air limbah dari lumpur pada air limbah. Selanjutnya air limbah dialirkan menuju kolam aerasi.

Dalam kolam aerasi, kolam tersebut dilengkapi dengan aerator sebagai pengaduk air limbah. Selain menggunakan aerator, penanganan air limbah juga ada penambahan urea dan S, P, secara kontinyu untuk nutrisi bakteri. Setelah itu limbah akan dialirkan ke *clarifier* untuk pengendapan. Air masuk *clarifier* tidak boleh mengandung daun, plastik dan lain-lain, karena dapat menyumbat pompa. Kotoran yang mengapung pada tangki *clarifier* harus dibersihkan. Setelah itu air jernih yang mengalir pada talang *clarifier* sebagai outlet. Endapan lumpur aktif dipindahkan ke bak stabilisasi, selanjutnya diluncurkan ke bak pasir. Pada bak pasir dilakukan penyaringan, air hasil tapisan dimasukkan ke bak *filtrate*, selanjutnya di pompa ke bak equilisasi. Endapan padat di atas pasir dikeringkan selanjutnya bisa dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman.

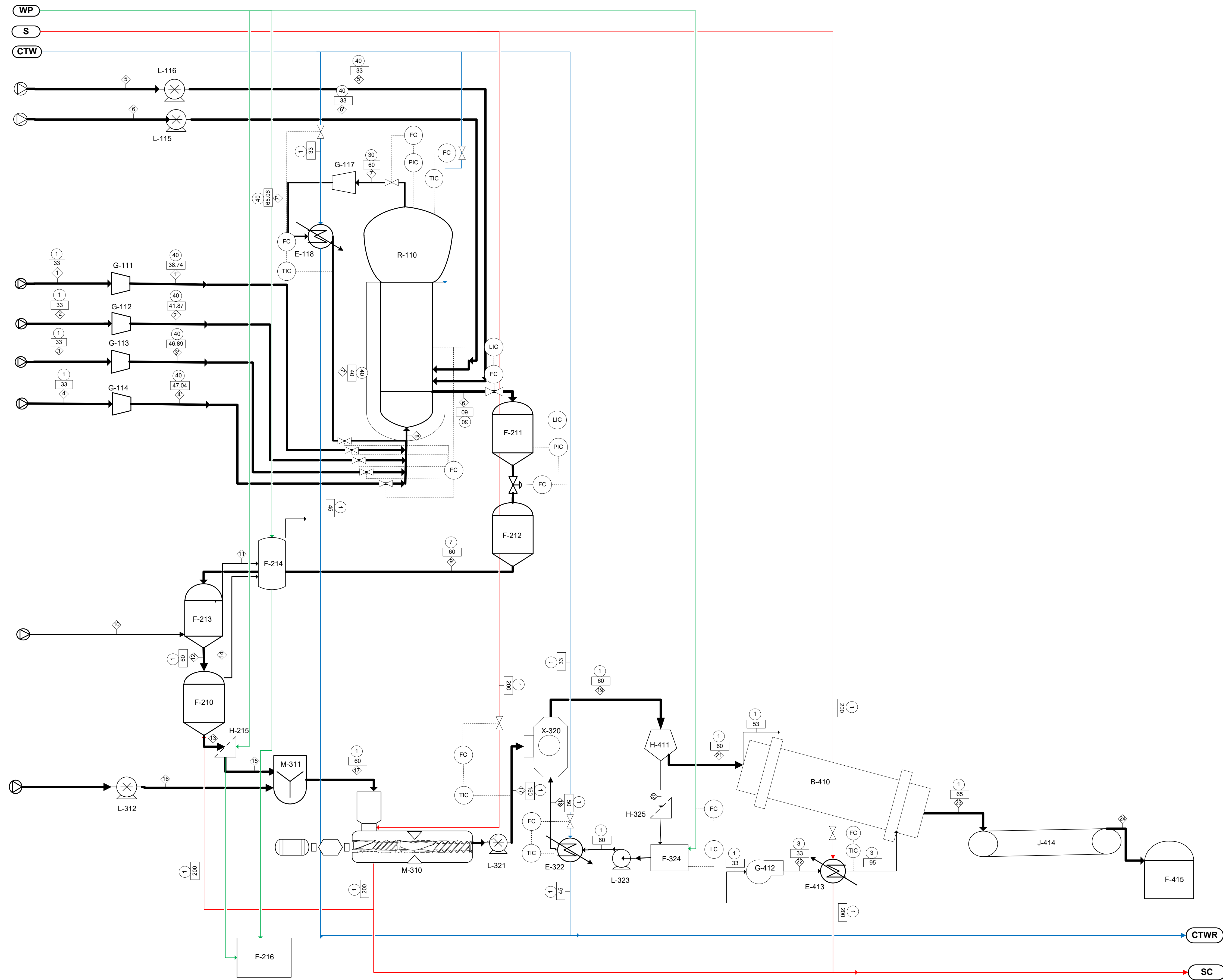



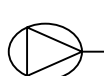
Air limbah dianalisis berdasarkan pH, warna, suhu, bau, debit air, BOD, COD, dan TSS (*Total Soluble Solid*) pada air limbah. Analisis yang dilakukan pada pengolahan limbah dilakukan untuk memastikan bahwa limbah yang akan dibuang ke lingkungan sekitar telah aman bagi lingkungan tersebut, yaitu dengan nilai COD maksimal 100 ppm dan BOD maksimal 60 ppm. Setelah air limbah yang telah diproses tersebut dinyatakan aman, maka air tersebut dialirkan menuju sungai.

➤ **Pengolahan Limbah Minyak Pelumas Bekas (Limbah B3)**

Minyak pelumas yang telah terpakai untuk generator, pompa dan mesin lain dikumpulkan, disimpan dan dijual kepada pengumpul pelumas bekas atau departemen pengolahan limbah B3.

PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN DAN ETILEN DENGAN POLIMERISASI FASA GAS TEKNOLOGI UNIPOL



ALIRAN PROSES		KETERANGAN	ALIRAN PROSES
	Nomor aliran	CTW	Cooling water
	Bahan baku	S	Steam
		WP	Water Process
		SC	Steam Condensat
		CTWR	Cooling Water Return
28	E-415	Tangki Penyimpan Polipropilen	1
27	J-414	Ball Conveyor	1
26	E-413	Heat Exchanger (Air Heater)	1
25	G-412	Blower	1
24	B-410	Rotary Dryer	1
23	H-411	Agglomerate Removal Separation	1
22	F-324	Pellet Water Tank	1
21	L-323	Water Pellet Pump	1
20	E-322	Heat Exchanger	1
19	X-320	Pelletizer underwater	1
18	L-321	Milk pump	1
17	M-310	Long continuous mixer	1
16	M-311	Mixer	1
15	L-312	Pompa Zat Aktif	1
14	F-210	Product Punge Bin	1
12	F-213	Product Receiver	1
11	F-212	Blow Tank	1
10	F-211	Product Chamber	1
9	E-117-B	Heat Exchanger (Recycle Cooler)	1
8	G-117	Kompresor Recycle	1
7	R-110	Fluidized Bed Reactor UNIPOL technology	1
6	L-116	Pompa Katas(SHAG)	1
5	L-115	Pompa Kokasbat (TEAL)	1
4	G-114	Kompresor Nitrogen	1
3	G-113	Kompresor Hidrogen	1
2	G-112	Kompresor Etilen	1
1	G-111-A	Kompresor Propilen	1
NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Digambar oleh :

1. Aristania Nila Wagleswari
2. Muhammad Bayu Prasetyo

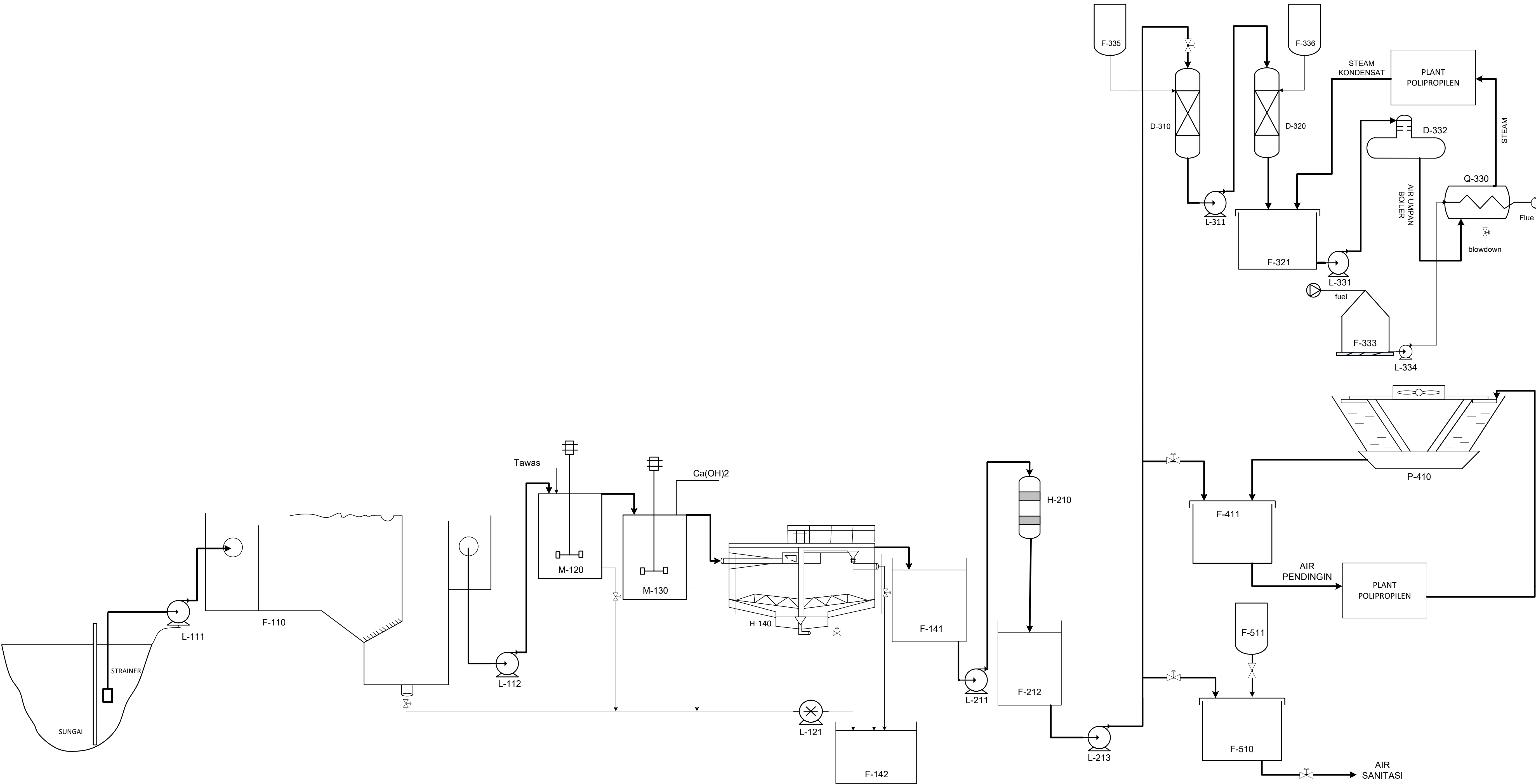
2313 030 005
2313 030 049

Pembimbing :

Dr. Ir. Lily Pudiastjanti MT

**PABRIK POLIPROPILEN DARI
PROPILAN DAN ETILEN DENGAN PROSES POLIMERISASI
FASA GAS TEKNOLOGI UNIPOL
Program Studi D3 Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**

[illegible]



23	F-335	Tangki H ₂ SO ₄	1
22	L-334	Pompa Fuel Oil	1
21	F-333	Tangki Fuel Oil	1
20	D-332	Deaerator	1
19	L-331	Pompa ke Deaerator	1
18	Q-330	Boiler	1
17	F-321	Tangki Steam Kondensat	1
16	D-320	Anion Exchanger	1
15	L-311	Pompa	1
14	D-310	Kation Exchanger	1
13	L-213	Pompa Air Bersih	1
12	F-212	Tangki Air Bersih	1
11	L-211	Pompa	1
10	H-210	Sand Filter	1
9	F-142	Tangki Sludge	1
8	F-141	Tangki Penampung	1
7	H-140	Centerfeed Clarifier	1
6	M-130	Tangki Flokulasi	1
5	L-121	Pompa	1
4	M-120	Tangki Koagulasi	1
3	L-112	Pompa	1
2	L-111	Pompa Air Sungai	1
1	F-110	Tangki Skimming	1

Nomor Kode Alat Keterangan Jumlah

Digambar Oleh :

Aristania Nila Wagiswari 2313 030 002

Muhammad Bayu Prasetyo 2313 030 071

Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

NIP. 19580703 198502 2 001

Flowsheet :

UTILITAS PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN DAN ETILEN DENGAN

POLIMERISASI FASA GAS TEKNOLOGI UNIPOL

PROGRAM STUDI DII TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik polipropilen dari propilen dan etilen dengan proses polimerisasi fasa gas teknologi UNIPOL ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik polipropilen dari propilen dan etilen dengan proses polimerisasi fasa gas adalah sebesar 1.26 ton/hari atau 100.000 ton/tahun.
2. Bahan baku utama yang digunakan berupa propilen dan etilen dengan komposisi masing-masing 12713.52 kg dan 2325.64 kg.

3. Proses:

a. Polimerisasi

Reaksi polimerisasi pada *fluidized bed* reaktor menghasilkan kopolimer acak yang pembuatannya sama dengan homopolimer, tetapi merupakan campuran dari propen dan komonomer, serta penggunaan propen murni. Biasanya, polimer mengandung 2-6 wt % kombinasi etilen menutupi sebagian dari aplikasi kopolimer.

b. *Product Discharge System*

Setelah terjadi reaksi di dalam reaktor, produk resin polipropilen dikeluarkan melalui *Product Discharge System (PDS)*. Pemantauan dilakukan melalui *transmitter* yang mengidentifikasi berat unggun, tingkat unggun, dan *bulk density* yang terfluidakan. Variabel ini diamati untuk menjamin terjadinya

c. *Resin Degassing*

Sistem resin *degassing* didesain untuk menghilangkan sejumlah kecil dari hidrokarbon terlarut yang terkandung dalam resin. Alat ini juga didesain untuk mengumpulkan, menyaring dan menyalurkan gas ke *vent recovery system*. Resin *degassing* terdiri atas



product receiver dan *product purge bin* dan disebut sebagai resin *degassing system*.

d. *Pelleting*

Sistem *pelleting* dibutuhkan dalam proses pembuatan produk akhir polipropilen. Polipropilen dalam bentuk resin harus diangkut dengan menggunakan nitrogen untuk menghindari bahaya karena ledakan. Sehingga perlu adanya perubahan bentuk dari resin polipropilen ke dalam bentuk pellet.

4. Hasil dan limbah:

Hasil utama berupa polipropilen. Limbah dari pabrik polipropilen antara lain:

- a. Limbah padat dihasilkan berupa limbah polimer yang berukuran jauh lebih kecil
- b. Limbah cair pada pabrik ini dihasilkan dari air buangan akhir proses, air proses dari pengolahan limbah gas, blowdown boiler, oil, minyak pelumas bekas.
- c. Limbah Gas yang berasal dari *product receiver* dan *product purge bin* menghasilkan gas-gas buangan berupa TiO_2 , propilen, etilen, hydrogen, C_2H_6 , dan nitrogen.

5. Kebutuhan air

Jumlah kebutuhan air total pabrik polipropilen per hari adalah:

- Air sanitasi	= 0.416
- Air boiler	= 1.21
- Air pendingin	= 12.63
- Air proses	= 53.3
Total	= 67.556 m ³ /hari

DAFTAR PUSTAKA

- Ali,M.F., Ali,B.M., Speight,J.G. 2005. ***Handbook of Industrial Chemistry***. USA : McGraw-Hill Companies, Inc.
- Anonim. 1998. ***UNIPOL Process-Process Orientation Training***. Cilegon : Dokumen PT Chandra Asri.
- Billmeyer Jr, Fred W. 1984. ***Textbook of Polymer Science 3rd edition***. New York : John Wiley and Sons Co.
- Fessenden & Fessenden. 1991. ***Organic Chemistry 3rd edition***. Bandung : Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Kunni and Levenspiel, O. 1969. ***Fluidization Engineering***. Japan : Toppan Printing Co. LTD.
- Ludwig, E. Ernest. 1964. ***Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol. 1***. Houston : Gilf Publishing Company.
- Odian, George. 2004. ***Principles Of Polymerization 4th Edition***. New York: John Wiley & Sons, Inc. Wiley Interscience.
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1997. ***Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition***. New York : McGraw-Hill Book Companies, Inc.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C. and Abbot, M.M. 2001. ***Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition***. New York : McGraw-Hill Book Companies, Inc.
- Warren L. Mc Cabe, J.C. Smith. 1993. ***Unit Operations of Chemical Engineering 5th edition***. USA : Mc Graw Hill International Edition
- Yaws, C.L. 1999. ***Chemical Properties Handbook***. New York : McGraw-Hill Book Companies, Inc.
- Young, R.J and Lovell, P.A. 1991. ***Introduction to Polymers 2nd edition***. New York : Chapman and Hal

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Muhhamad Bayu Prasetyo. Dilahirkan di Madiun 7 Maret 1996, merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Bangunsari I , SMP N 1 Dolopo, dan SMAN 1 Geger. Setelah lulus dari SMAN 1 Geger tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 2313 030 049.

Alamat email: Muhbayu56@gmail.com

PENULIS II



Aristania Nila Wagiswari. Dilahirkan di Gresik 8 Januari 1995, merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Petrokimia Gresik, SDN Petrokimia Gresik , SMPN 1 Gresik, dan SMAN 1 Singaraja. Setelah lulus dari SMAN 1 Singaraja tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 2313 030 005.

Alamat email: niela.cuabhh@gmail.com